



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE ODONTOLOGIA**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
“ESPECIALISTA EN ORTODONCIA”**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FIABILIDAD Y
REPRODUCIBILIDAD EN LA MEDICIÓN DE LOS TAMAÑOS
DENTARIOS Y LAS MEDIDAS DE LAS ARCADAS DENTARIAS
ENTRE REGISTROS MANUALES Y DIGITALES 3D OBTENIDOS POR
ESCANEADO INTRAORAL Y EXTRAORAL.**

AUTOR:

Od. Diana Monserrat Marín Arias.

DIRECTOR:

Dr. Manuel Estuardo Bravo Calderón.

CUENCA-ECUADOR

2016

RESUMEN

Tradicionalmente, los ortodoncistas han realizado las mediciones dentales en los modelos de yeso, pero los avances tecnológicos permiten ahora a los ortodoncistas realizar esas mediciones en los modelos digitales. El propósito de este estudio fue comparar la fiabilidad y reproducibilidad de las medidas de los tamaños dentarios y las arcadas dentarias entre el método manual y los métodos digitales 3D obtenidos por un escáner intraoral CEREC Omnicam (Sirona Dental Systems) y dos escáneres extraorales: inEos X5 (Sirona Dental Systems) y Dental Scanner SMART (Open Technologies). Un modelo de yeso, un escaneado intraoral y dos modelos digitales con un escáner extraoral fueron realizadas para cada uno de los 20 sujetos. Las medidas de los tamaños dentarios, la distancia intercanina y la distancia intermolar de los modelos digitales se compararon con los correspondientes modelos de yeso (estándar de oro) Se utilizó el test de ANOVA para establecer la fiabilidad entre los cuatro métodos y el coeficiente de correlación intraclase fue calculado para determinar la reproducibilidad intra- e inter-examinador. Los resultados encontrados fueron que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las medidas hechas directamente en los modelos de yeso y los modelos digitales. Los coeficientes de correlación intraclase tanto intra- e inter-examinador fue alto y considerado bueno para los cuatro métodos de medición. $CCI > 0.90$. Se concluyó que las mediciones en los modelos digitales obtenidos con un escáner extraoral e intraoral son fiables y reproducibles.

Palabras claves. Modelos digitales 3D, mediciones dentarias, escáneres extraorales, escáneres intraorales,

ABSTRACT

Traditionally, orthodontists have made dental measurements on plaster models, but technological advances now allow orthodontists to make these measurements on digital models. The purpose of this study was to compare the reliability and reproducibility of measurements of tooth sizes and dental arches between manual method and 3D digital methods obtained by an intraoral scanner CEREC Omnicam (Sirona Dental Systems) and two extraoral scanners: inEos X5 (Sirona Dental Systems) and Dental Scanner SMART (Open Technologies). A plaster model, an intraoral scan and two digital models with an extraoral scanner were made for each of the 20 subjects. The measures of tooth sizes, intercanina distance and intermolar distance on the digital models were compared with the corresponding plaster models (gold standard). ANOVA was used to establish the reliability between the four methods and intraclass correlation coefficient was calculated to determine the intra- and inter-examiner reproducibility. The results were not statistically significant differences between measurements made directly on the plaster models and digital models. Intraclass correlation coefficients both intra- and inter-examiner was high and considered good for the four measurement methods $ICC > 0.90$. It was concluded that measurements on digital models obtained with intraoral and extraoral scanners are reliable and reproducible.

Keywords. 3D digital models, dental measurements, extraoral scanners, intraoral scanners



INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

TITULO	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
INDICE GENERAL DE CONTENIDOS	4
LISTA DE TABLAS.....	6
LISTA DE FIGURAS	7
GLOSARIO DE TERMINOS.....	8
CLAÚSULA DE DERECHOS DE AUTORÍA DE TESIS	9
CLAÚSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL	10
DEDICATORIA.....	11
AGRADECIMIENTOS	12
CAPITULO I	13
1. Introducción.....	14
CAPITULO II	15
2. Justificación.....	16
CAPITULO III	17
3. Marco teórico.....	18
3.1 Impresiones y modelos de estudio convencionales en Ortodoncia.	18
3.2 Modelos de estudio digitales en Ortodoncia	19
3.2.1 Ventajas y desventajas de los modelos digitales.....	20
3.2.2 Obtención de los modelos digitales.	21
3.2.2.1 Método indirecto – Escáner extraoral.	21
3.2.2.1.1 Escáneres extraorales de contacto (mecánico).....	22
3.2.2.1.2 Escáneres extraorales de no contacto (óptico).....	22
3.2.2.2. Fiabilidad y reproducibilidad de los registros digitales extraorales frente a los manuales.	22
3.2.2.2 Método directo – Escáneres Intraorales.	24
3.2.2.2.1 Escáneres de tecnología fotográfica.....	25
3.2.2.2.2 Escáneres de tecnología de vídeo.....	25
3.2.2.2.3 Ventajas de los escáneres intraorales.	25
3.2.2.2.4 Fiabilidad y reproducibilidad de los registros digitales intraorales frente registros manuales.	26
CAPITULO IV	29
4. Objetivos.....	30



4.1 Objetivo General.....	30
4.1 Objetivos Específicos.	30
CAPITULO V.....	31
5. Hipótesis.....	32
5.1 Hipótesis Alterna.....	32
5.2 Hipótesis Nula.....	32
CAPITULO VI.....	33
6. Materiales y Métodos.	34
6.1 Tipo de estudio.	34
6.2 Definición del universo de estudio y muestra.	34
6.3 Unidades de medición.	34
6.4 Criterios para la selección de la muestra.....	34
6.5 Variables.....	35
6.6 Procedimiento y técnicas.....	36
6.6.1 Medición de los tamaños dentarios y las arcadas dentarias.....	36
6.6.1.1 Medición en los modelos de yeso.....	36
6.6.1.2 Medición en los modelos digitales	37
6.6.1.2.1 Escaneo directo	37
6.6.1.2.2 Escaneo indirecto	39
6.7 Análisis estadístico	42
CAPITULO VII.....	44
7. Resultados.....	45
7.1 Errores de medidas entre métodos.....	45
7.2 Fiabilidad entre métodos.	45
7.3 Reproducibilidad intra-examinador.	48
7.4 Reproducibilidad inter- examinador.	49
CAPITULO VIII.....	50
8. Discusión.....	51
CAPITULO IX.....	54
9. Conclusiones.....	55
10. Recomendaciones.....	56
11. Referencias Bibliográficas	57
ANEXOS	65
12. Anexos	66



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Error de medición (Entre métodos).....	45
Tabla 2. ANOVA para muestras múltiples.....	46
Tabla 3. Diferencia de medias entre métodos - Tamaños dentarios.....	47
Tabla 4. Diferencia de medias entre métodos - Distancias intercaninas e intermolares.....	48
Tabla 5. Coeficiente de correlación intraclase intra-examinador (r)*.....	49
Tabla 6. Coeficiente de correlación inter-examinador (r)*	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Medición en los modelos de yeso. A) Tamaños dentarios. B) Distancia intercanica. C) Distancia intermolar.....	37
Figura 2. Escáner intraoral CEREC Omnicam. Proceso de escaneado.	38
Figura 3. Medición de los modelos digitales obtenidos por el escáner Omnicam. A) Tamaño dentario. B) Distancia intercanina. C) Distancia intermolar.	39
Figura 4. Escáner extraoral Dental Scanner SMART. Proceso de escaneado.....	40
Figura 5. Escáner extraoral inEos X5. Proceso de escaneado.....	41
Figura 6. Modelos digitales obtenidos por Dental Scanner SMART/NemoCast 3D Premium. A) Tamaños dentarios. B) Distancia intercanina e intermolar.	41
Figura 7. Modelos digitales obtenidos por escáner inEos X5. A) Tamaños dentarios. B) Distancia intercanina. C) Distancia intermolar.	42

GLOSARIO DE TERMINOS

Imbibición.- es el desplazamiento de un fluido viscoso por otro fluido inmiscible con este.

Prototipado rápido.- permite la fabricación rápida de modelos físicos utilizando datos de diseño asistido por ordenador (CAD) en tres dimensiones.

Reflexión de la luz.- es el cambio de dirección que experimenta la luz cuando choca con un objeto y "rebota"

Refracción de la luz.- es el cambio de dirección que sufre la luz cuando pasa de una sustancia transparente a otra. Ejemplo, el aire, a otro, como el agua.

Sinéresis.- es la separación de las fases que componen una suspensión o mezcla. Es la extracción o expulsión de un líquido de un gel, por lo que el gel pasa de ser una sustancia homogénea a una segregación de componentes sólidos separados y contenidos en la fase líquida.

STL.-Es un formato de archivo informático de diseño asistido por computadora (CAD) que define geometría de objetos 3D, excluyendo información como color, texturas o propiedades físicas que sí incluyen otros formatos CAD.



CLAÚSULA DE DERECHOS DE AUTORÍA DE TESIS

Yo, **DIANA MONSERRAT MARÍN ARIAS**, autora de la tesis “**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FIABILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD EN LA MEDICIÓN DE LOS TAMAÑOS DENTARIOS Y LAS MEDIDAS DE LAS ARCADAS DENTARIAS ENTRE REGISTROS MANUALES Y DIGITALES 3D OBTENIDOS POR ESCANEADO INTRAORAL Y EXTRAORAL**”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de **ESPECIALISTA EN ORTODONCIA**. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 14 de Junio de 2016

Diana Monserrat Marín Arias
0105623896



CLAÚSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo **DIANA MONSERRAT MARÍN ARIAS**, autor/a de la tesis **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FIABILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD EN LA MEDICIÓN DE LOS TAMAÑOS DENTARIOS Y LAS MEDIDAS DE LAS ARCADAS DENTARIAS ENTRE REGISTROS MANUALES Y DIGITALES 3D OBTENIDOS POR ESCANEADO INTRAORAL Y EXTRAORAL”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 14 de Junio de 2016

Diana Monserrat Marín Arias
0105623896



DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a los pilares fundamentales de mi vida, mis padres Luis Marín y Marina Arias ya que sin su apoyo y amor incondicional durante toda mi vida no hubiese cumplido todas las metas que me he propuesto, y a mis hermanos Paulo, Fanny, Danilo y mi sobrino Julián por brindarme su amor y estar siempre a mi lado demostrándome lo orgullosos que están de mis logros, gracias por ser parte de mi vida, los amo.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme dado la fuerza, perseverancia y constancia para poder alcanzar esta meta,

A mis padres quienes siempre han estado conmigo brindándome su comprensión y apoyo incondicional.

Quiero expresar mi gratitud hacia el director de ésta tesis Dr. Manuel Bravo, gracias por su paciencia, por su emprendimiento y por sus conocimientos.

También debo agradecer a los diferentes catedráticos del Posgrado de Ortodoncia que contribuyeran en mi formación profesional y personal a través de la transmisión de conocimientos y experiencias con las que enriquecieron mi vida y con las que me han preparado para poder llevar por el camino de la ética mi vida profesional

A mis compañeras y grandes amigas Clara y Belén, les agradezco la confianza que depositaron en mí para poder estar siempre en las buenas y las malas juntas.

También quiero agradecerles a mis amigos que de una u otra manera estuvieron pendientes a lo largo de este proceso, brindándome todo su apoyo cuando lo necesite sin pedirme nada a cambio.

A todo el personal que labora en la facultad de Odontología de la Universidad de Cuenca, que de una manera u otra participaron en mi formación durante el postgrado.

Finalmente mi agradecimiento al Centro de Especialidades Odontológicas Orthodont, a todo su personal por su disposición a ayudarme en todo momento para la realización de mi tesis.

De corazón muchas gracias.....



CAPITULO I

1. Introducción.

Un apropiado diagnóstico es fundamental a la hora de realizar un plan de tratamiento en Ortodoncia. Los registros de diagnóstico (radiografías, fotografías intraorales y extraorales, modelos de estudio y la exploración clínica) que se realizan en los pacientes al inicio del tratamiento ortodóntico son importantes para un apropiado análisis y un adecuado plan de tratamiento. Estos registros son documentos médico-legales se deben obtener antes, durante y al finalizar todos los tratamientos ortodónticos.

El análisis de los modelos dentales forma una parte esencial del diagnóstico y tratamiento. Para ello, debemos obtener unas impresiones dentales precisas que aseguren con la mayor precisión posible la reproducción de la condición intraoral del paciente, ya que los errores en las impresiones podrían tener consecuencias en el tratamiento ortodóntico. A pesar de las mejoras del material, la toma de impresión todavía se considera que es incómodo para el paciente y requiere mucho tiempo para el clínico. Una vez obtenida la impresión de la boca del paciente, es necesario elaborar su modelo en yeso y la necesidad de mantener estos modelos dentales para el futuro como referencia ha creado problemas de almacenamiento para los ortodoncistas.

Así también, la medición manual de los modelos de estudio, supone un esfuerzo para el clínico, provocando que muchos profesionales omitan estas mediciones al inicio del tratamiento de Ortodoncia.

Por todas estas razones, en los últimos años, los avances tecnológicos han hecho su camino en la Odontología y nuevas herramientas como los modelos dentales digitales de tres dimensiones (3D) son ahora claves en la rutina clínica para la gran mayoría de ortodoncistas. Esta última innovación de modelos obtenidos por escáneres extraorales o intraorales permiten realizar las mediciones sobre las imágenes obtenidas de manera precisa y más rápida.

La necesidad de conocer la calidad de los modelos digitales originados por diferentes productos me motivó para la realización de este estudio.



CAPITULO II

2. Justificación.

En la actualidad los métodos tradicionales de obtención y análisis de los modelos de estudio están ya siendo sustituidos por nuevas tecnologías que son los modelos dentales digitales en 3D. Estos modelos digitales pueden ser obtenidos de un escaneo de los modelos de yeso o de las impresiones, también pueden ser obtenidos por un escaneo directo de la boca del paciente.

La realización de este estudio se justifica para conocer cual procedimiento en la obtención de modelos digitales es más exacto o es aceptable, ya que las mediciones en estos modelos deben ser tan fiables y reproducibles como las de los modelos de yeso.

Así, el profesional que esté considerando renovarse hacia las nuevas tecnologías digitales podrá contar con información científica sobre estos nuevos métodos.

La idea de los modelos de ortodoncia digitales 3D obtenidos por escaneo indirecto o directo de la boca del paciente parece muy prometedora, si al final de esta investigación se demuestra ser precisa y confiable.

Esta alternativa hará que el ortodoncista trabaje todos los días de manera más eficiente, además será de interés para los pacientes de ortodoncia, pues se mejorarán los protocolos de atención, generando recomendaciones basadas en evidencia científica.



CAPITULO III

3. Marco teórico.

3.1 Impresiones y modelos de estudio convencionales en Ortodoncia.

Los modelos de estudio de yeso tienen una larga y probada historia en la odontología y se considera el estándar de oro con ventajas que van desde ser una técnica dental de rutina, facilidad de producción y económicas.¹⁻⁴

En la ortodoncia, los modelos de yeso ayudan al diagnóstico, al seguimiento del tratamiento, para la fabricación de distintos aparatos, para evaluar el tratamiento finalizado y complementar el registro escrito.⁵⁻⁸

Tradicionalmente el trabajo comienza con la toma de unas impresiones intraorales que se vacían con yeso para obtener unos modelos dentales de estudio que proporcionan una representación precisa de la dentición del paciente y de las estructuras que le rodean.^{2,9,10} Las impresiones intraorales se pueden obtener utilizando distintos materiales como hidrocoloides reversibles, irreversibles, poliéteres o materiales de polivinilsiloxanos y se pueden realizar usando cubetas estandarizadas metálicas o plásticas o cubetas rígidas individualizadas.^{1,11}

La precisión que se necesite del modelo va depender del tipo de material, el tipo de cubeta, la técnica de impresión y el vaciado.^{1,12} Es común que el ortodoncista utilice el alginato para realizar sus impresiones, por esta razón es importante conocer su estabilidad dimensional. La estabilidad dimensional es la capacidad (de un material) para mantener la precisión durante un tiempo.^{4,13,14} Los alginatos dentales, similar a todos los hidrocoloides, tienden a distorsionarse en el tiempo a medida que pierden (por evaporación y sinéresis) o ganan (por imbibición) agua, con ello se contraen o se expanden. Por lo tanto, los mejores resultados se obtienen cuando las impresiones dentales se vacían después de 10 minutos, para evitar la distorsión de la expansión inicial y la deformación elástica, y antes de 1 hora, para evitar la distorsión de la contracción o expansión de alginato debido al movimiento del agua y sinéresis.^{11,13,15}

Los materiales compuestos de yeso que se utilizan para vaciar las distintas impresiones y obtener unos modelos, tienen una menor capacidad de reproducción de detalles que los propios materiales de impresión y el yeso al ser vaciado puede sufrir procesos de expansión debido a reacciones químicas secundarias.^{11.}

Así también, los modelos de yeso una vez obtenidos están sujetos a la pérdida, la fractura, y la degradación física y requieren un espacio físico para su almacenamiento.¹⁶⁻¹⁸ A pesar de todos estos factores limitantes a la hora de confeccionar y almacenar los modelos de yeso, se consideran aún registros válidos porque permiten realizar mediciones con mayor facilidad y precisión que realizarlas en la boca del paciente, pues durante una examinación intraoral es difícil conseguir las medidas exactas de los dientes y puede ser un proceso incómodo para el paciente, especialmente en aquellos con limitación de la apertura bucal.^{9,16,19}

Dichos modelos permiten un estudio intraarcada para valorar los tamaños y formas dentarias, las posiciones de los dientes, la forma de la arcada dentaria, distancias transversales, el cálculo de la discrepancia oseodentaria y el Índice de Bolton. También podemos realizar un estudio interarcada para analizar la oclusión en los tres planos del espacio; sagital, transversal y vertical.^{3,9,16,19,20}

3.2 Modelos de estudio digitales en Ortodoncia.

Los modelos de estudio digitales se introdujeron comercialmente en la década de 1990 y diferentes tecnologías se pueden utilizar para generar dichos modelos.¹³ En un inicio los ortodoncistas contábamos con los modelos dentales en dos dimensiones (2D), las medidas dentarias se realizaban sobre fotocopias del modelo de yeso del paciente o sobre fotografías de la arcada dentaria.^{21,22,23}

Las fotocopias han demostrado ser exactas y fáciles de interpretar, además son útiles para comparar las formas de arco pre y postratamiento y para la investigación de las rotaciones de los dientes, pero son imprecisos al momento de pasar una imagen de tres dimensiones a otra de dos dimensiones y no son útiles para determinar la forma de la curva de Spee, la inclinación de los dientes y para la medición de la longitud del arco.^{21,23,24}

Posteriormente con el desarrollo de la imagen digital ya sea con una cámara digital o escáner de sobremesa, muchos autores digitalizaban las imágenes de los modelos para realizar diversas medidas. De igual manera aparecieron programas informáticos que permitían un análisis digital en dos dimensiones de las imágenes obtenidas. Sin embargo con las imágenes 2D la identificación de los puntos, ejes, inclinaciones y planos llegó a ser complicado y más subjetivo.^{15,23,25}

Gracias a los avances rápidos y continuos en ciencias de la computación se ha dado lugar a un mayor uso de las nuevas tecnologías. Los modelos de estudio digitales de tres dimensiones (3D) están disponibles hace alrededor de 10 años, cada día con calidad más aceptable y nuevos softwares de ortodoncia, que permiten realizar las mediciones de los tamaños de los dientes sobre las imágenes obtenidas de manera precisa y más rápida, convirtiendo el registro de ortodoncia en completamente digitalizado.^{15,17,22,26,27}

3.2.1 Ventajas y desventajas de los modelos digitales.

La digitalización de los modelos de estudio dentales son un desarrollo avanzando y está beneficiando al ortodoncista en una serie de maneras:

- Ahorro de costos sin necesidad de almacenamiento y sin riesgo de daño o pérdida de los modelos de yeso.^{4,6,7,16,22,28,29}
- Ahorro de tiempo con facilidad de la medición digital.^{7,15}
- Los modelos digitales 3D pueden ser fácilmente copiados e integrados en el expediente digital del paciente junto con otros archivos de este tipo.⁴
- La información digital del paciente es de fácil acceso, además permiten un intercambio inmediato de información para consulta y remisión.^{3,6,15,16,22,28,30}
- Permite realizar setups, de esta manera podemos seccionar los modelos digitales para tener una estimación fiable de la posición del eje largo del diente.^{15,16,31,32}
- Detalles anatómicos pueden ser vistos con mayor precisión gracias a la ampliación de la imagen virtual.¹⁶
- Los ortodoncistas pueden examinar digitalmente las relaciones intra e interarceda. Las relaciones transversales entre el arco maxilar y mandibular pueden ser mejor evaluados cuando los modelos 3D se ven en oclusión en diferentes perspectivas en la pantalla.^{29,30,32}
- Los modelos 3D digitales pueden ser impresos con una tecnología de prototipado rápido, si se necesita un modelo físico de la dentición: por ejemplo, para la fabricación de aparatos de Ortodoncia.^{15,30}
- Los modelos digitales también tienen la ventaja de permitir un tratamiento virtual y una configuración virtual. Ejemplo: la construcción de 'alineadores' 3D, que son férulas transparentes, utilizados de una manera secuencial a

través de un período de tiempo para corregir una maloclusión sin la necesidad de aparatos fijos convencionales.²⁸⁻³²

De igual manera, los modelos digitales en 3D presentan inconvenientes. Ya que ellos no pueden ser considerados y vistos en la misma forma que los modelos de yeso, y es necesario de tiempo para familiarizarse con su uso. Además, aunque el modelo digital es 3D, la imagen que se visualiza en la pantalla es en sólo dos dimensiones.^{22,33,34}

3.2.2 Obtención de los modelos digitales.

Los modelos digitales son producidos por las digitalización de las estructuras orales y pueden ser producidos por un método indirecto (escáner extraoral) o un método directo (escáner intraoral).

3.2.2.1 Método indirecto – Escáner extraoral.

El escaneado 3D es el análisis de un objeto para recabar información de su superficie obteniendo un modelo digital tridimensional del mismo.³⁵

El propósito de cualquier escáner 3D es crear una “nube de puntos” que represente la superficie del objeto que se quiere escanear. Estos puntos se utilizan para extrapolar la forma del objeto, en un proceso llamado reconstrucción digital.³⁵ Los escáneres 3D se parecen a las cámaras fotográficas. Como las cámaras, tienen un campo de visión en forma de cono y no pueden recoger información de superficies que estén ocultas. El escáner recoge en cada imagen que toma, información de la distancia de cada punto de la superficie del objeto dentro de su campo de visión.³⁵

Normalmente con un solo escaneado no se puede obtener toda la superficie del modelo, por lo que se realizan varios, incluso cientos de escaneados para poder registrar toda su superficie. Todos estos escaneados han de llevarse a un sistema de referencia de coordenadas común, proceso que recibe el nombre de alineamiento, y que conlleva la fusión de los escaneos para obtener un modelo completo del objeto.³⁵

Por método indirecto, los modelos digitales se pueden adquirir mediante: (1) el escaneo a láser de los modelos de yeso o de las impresiones. (2) escaneando los modelos de yeso o impresiones con tomografía computarizada de haz

cónico.^{3,15,16,33,36} El escaneo de las superficies dentarias de los modelos de yeso es uno de los métodos más utilizados³⁷ y se pueden escanear de forma extraoral mediante dos métodos: de contacto o de no contacto.^{11,35}

3.2.2.1.1 Escáneres extraorales de contacto (mecánico).

Fueron los primeros escáneres y aún siguen teniendo vigencia pues han sido los más precisos. Los escáneres de contacto utilizan siempre algún tipo de sonda, que toca la superficie que se quiere medir o es arrastrada por ella y debido a esta necesidad tienden a ser lentos.^{11,35}

Estos escáneres se ven afectados por las características físicas del objeto, mas no por las características ópticas de la superficie del objeto, por esta razón si se desea escanear un objeto blando como la goma o la silicona en el caso del campo odontológico, éste se puede deformar y distorsionar el escaneado.^{11,35}

3.2.2.1.2 Escáneres extraorales de no contacto (óptico).

Los escáneres de no-contacto para realizar sus mediciones utilizan siempre algún tipo de radiación electromagnética, generalmente luz. En comparación con los de contacto, son muy rápidos y no distorsionan la superficie escaneada, puesto que lo único que contacta con ella es la luz emitida, facilitando el escaneo de materiales blandos y frágiles. Sin embargo, la luz sí se puede ver afectada por la superficie. Las superficies translúcidas devuelven luz al escáner no sólo por reflexión, sino también por refracción, lo que puede alterar la medición. También pueden verse afectados por las superficies muy brillantes.^{11,35}

Los escáneres extraorales ópticos pueden ser de luz blanca (estructurada), tipo láser y los escáneres de microscopía confocal y holografía confocal.^{11,35,38}

3.2.2.2. Fiabilidad y reproducibilidad de los registros digitales extraorales frente a los manuales.

La fiabilidad en la investigación científica se da cuando una operación o resultado es merecedor de confianza, porque es correcto o se ajusta a la realidad.^{23,33}

La reproducibilidad se refiere a la capacidad de una prueba, experimento o en este caso instrumento de dar los mismos resultados en diferentes mediciones

realizadas en las mismas condiciones por otros investigadores de forma independiente.^{23,33,39}

Varios estudios^{17,18,22,25,29,31,40,42,43,44,45,46} han comparado el análisis del modelo digital obtenido con escáneres extraorales con la llamada "estándar de oro", que significa la medición manual de modelos de yeso con una calibrador.

Garino y Garino⁴⁰ en su estudio comparativo entre el método digital OrthoCad (Align Technology Inc; San José, California, EE.UU) para la medición dentaria y el método tradicional, concluyeron que el método digital era más sensible y exacto, además de solucionar el problema del almacenamiento físico de los modelos de yeso. Similares resultados encontraron Leifert et al.²⁵ y Ziberman et al.²⁹ Sin embargo Ziberman et al.²⁹ afirmaron que los calibradores digitales parecen ser un instrumento más adecuado para el trabajo científico.

Al revisar los estudios⁴²⁻⁴⁴ que realizaron las mediciones en los modelos digitales Emodels (GeoDigm Corp; Falcon Heights, Minnesota, EE.UU.), concluyeron que estas mediciones son tan precisas y fiables como las mediciones realizadas con modelos de yeso.

Santoro et al.¹⁸ usando el método manual y digital OrthoCad (Align Technology Inc; San José, California, EE.UU.) encontraron diferencias significativas en la comparación de sobremordida. En cuanto al tamaño dentario las mediciones digitales eran más pequeñas que las mediciones manuales, y explicó que las diferencias se debían probablemente a una diferencia intrínseca entre los métodos, tal como ampliar la imagen para observar mejor los diámetros mesiodistales en los modelos digitales, sin embargo, los valores no se consideraron clínicamente significativos.

Para realizar las mediciones de los modelos digitales con OrthoCad y Emodels, antes que los datos de los modelos 3D estén disponibles, los modelos de yeso o las impresiones originales tienen que ser enviados al proveedor y esto representa un costo no asequible. Por esta razón, los escáneres de escritorio a láser fueron desarrollados para realizar el proceso de escaneo en el propio laboratorio.^{18,42,43,44}

El escáner de escritorio D-250 (3Shape, Copenhagen, Denmark) ha sido evaluado por varios autores^{22,31,45}, quienes encontraron que los modelos digitales obtenidos por este escáner es fiable para la medición y evaluación de las relaciones

de arco dental y parece ser una adecuada alternativa para sustituir a los modelos de yeso.

Keating et al.⁴⁶ evaluaron la exactitud y reproducibilidad de las medidas lineales entre un escáner óptico a laser Minolta VIVID 900 (Konica Minolta Inc, Tokyo, Japan) en conjunto con el software Easy3DScan (TowerGraphics, Lucca, Italy) y los modelos de yeso. Dicho escáner resultó ser un dispositivo fiable para capturar en detalle la superficie de los modelos de estudio porque las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Para realizar las mediciones digitales hay una curva de aprendizaje que daría lugar a desviaciones menores conforme el examinador se familiariza con la técnica.¹⁴ Es decir, de acuerdo a la formación del ortodoncista y según sus habilidades y preferencias, la medición en una pantalla puede ser más o menos preciso que el método tradicional con un calibrador.^{17,18}

Aunque el consenso es que los modelos digitales obtenidos por escaneo de los modelos de yeso muestra mediciones fiables y precisas,^{18,25,29,40,42,43,44,47} estudios^{25,41,43,44,48} que comparan mediciones más complejas como: espacio disponible, índice de irregularidad, análisis de Bolton y denticiones gravemente apiñadas indicaron diferencias entre los modelos de yeso y digitales que excederían de 1,5 mm, aunque esta diferencia podría no ser clínicamente aceptable.

Rossini et al.³² publicó este año una revisión sistemática actualizada donde se concluyó que los modelos digitales todavía carecen de la precisión con respecto al sistema de clasificación objetiva de la Junta Americana de Ortodoncia (ABO), los modelos digitales no pueden sustituir a los modelos de yeso para el cálculo de este índice. Las principales razones fueron una articulación incorrecta de los modelos digitales, el sesgo en el software utilizado para calcular este índice de la ABO y dificultades en la identificación de marcas en los modelos digitales.⁴⁹

Entre tanto, estudios utilizando escáneres extraorales de la marca Dental Scanner SMART y inEos X5 no fueron encontrados en la literatura.

3.2.2.2 Método directo – Escáneres Intraorales.

Este método para obtener los modelos digitales escanea directamente la boca del paciente haciendo redundante la toma de impresiones^{15,16,36} o utiliza la tomografía computarizada de haz cónico del paciente.⁴ La tomografía tiene las

desventajas de un gasto alto del equipo y aun posible exceso innecesario de exposición a la radiación para el paciente, razón por la cual se prefiere los escáneres intraorales.⁵⁰⁻⁵³

Los escáneres intraorales son la última innovación en la generación de modelos de 3 dimensiones, son unidades portátiles⁵² que permiten realizar una captura óptica directa de las superficies del medio oral, así como de las preparaciones dentarias. Este proceso de exploración es cómodo para el paciente y puede tomar de 5 a 15 minutos, dependiendo de la capacidad del operador.^{15,39,54}

Existen dos tipos de escáneres intraorales: escáneres de tecnología fotográfica y los de tecnología de video.^{11,23}

3.2.2.2.1 Escáneres de tecnología fotográfica.

Son aquellos que captan imágenes individuales de las áreas a escanear, como iTero (Cadent Inc, Carlstadt, USA).^{11,23}

3.2.2.2.2 Escáneres de tecnología de vídeo.

Son aquellos que graban las áreas escaneadas funcionando de forma similar que una cámara de video. Como la última versión de Cerec (Sirona ® Dental Systems), CEREC Omnicam®.^{11,23}

3.2.2.2.3 Ventajas de los escáneres intraorales.

El sistema ofrece varias ventajas:

- Elimina las desventajas de la toma tradicional de impresiones como puede ser la inestabilidad de la impresión, la discrepancia geométrica y dimensional que existe entre la impresión y el modelo y elimina el vaciado de la impresión con yeso.¹⁵
- Gran beneficio en la relación costo-tiempo, pues disminuye del tiempo de trabajo en la clínica.^{10,11,23}
- Obtención de modelos digitales 3D suficientemente precisos para fines diagnósticos.^{1,52,55}
- Mejor aceptación por parte del paciente. Para los pacientes con un reflejo nauseoso o con labio leporino y paladar hendido, que corren el riesgo de aspiración y dificultad respiratoria durante la toma de impresiones.^{10,16,56}

- Minimiza la desinfección y la posible contaminación cruzada de los tejidos.^{10,11,56}

3.2.2.2.4 Fiabilidad y reproducibilidad de los registros digitales intraorales frente a los registros manuales.

Se han realizado diversas investigaciones comparando las mediciones obtenidas a través de escáneres intraorales con relación aquellas provenientes de modelos de yeso.

Cuperus et al.¹⁶ determinaron la validez y reproductibilidad de las mediciones en modelos estereolitográficos y modelos digitales dentales 3D realizadas con un escáner intraoral Lava (3M ESPE, Seefeld, Germany) en 10 cráneos secos. Para ello midieron las distancias transversales, anchos mesiodistales y discrepancias en el arco. Concluyeron que los modelos estereolitográficos y los modelos digitales realizados con escáner intraoral son un método válido y reproducible para medir distancias en una dentición.

Wiranto et al.¹⁵ realizaron un estudio es 22 voluntarios, a los cuales tomó impresiones con alginato y las escaneado con un tomógrafo. Posteriormente escaneó la dentición con el escáner intraoral Lava (3M ESPE). Las mediciones del tamaño de los dientes y Bolton de los modelos digitales fueron comparadas con los modelos de yeso. Las conclusiones fueron que tanto el escaneo intraoral como el escaneo con tomografía computarizada de haz cónico son métodos válidos, fiables y reproducibles. Además, el estudio señala que las primeras escaneadas intraorales completas tomaron mucho tiempo. Al principio se comenzó en la dentición maxilar, pero pronto se hizo evidente que era más fácil comenzar con la dentición mandibular. De esta manera, ya no es necesario interrumpir el escaneo para reponer la superficie y volver a colocar los rollos de algodón debido a la acumulación de saliva en la dentición mandibular. Durante este estudio, el tiempo de exploración intraoral disminuyó de manera significativa. Por lo que el autor recomienda que los tiempos de exploración podría disminuir aún más con más experiencia y mejorando las habilidades de exploración.

Akyalcin et al.⁵² realizaron un estudio en 60 cráneos secos para evaluar la precisión de los modelos digitales 3D obtenidos por un escáner intraoral Cadent iTero (Align Technology, San Jose, Calif) y compararlos con las medidas manuales y

las obtenidas con una tomografía. Llegaron a la conclusión que las medidas obtenidas tanto en las tomografías, como con el escáner son precisas para usarlas en el diagnóstico de ortodoncia y la planificación del tratamiento.

Flügge, et al.⁵⁴ evaluaron la precisión de las impresiones dentales digitales intraorales con iTero (Align Technologies) y digitalización extraoral con iTero y un escáner de modelo D250 (3Shape). Ellos concluyeron que el escaneo extraoral con iTero es menos preciso que el escaneo con D250 y el escaneado intraoral con iTero es menos preciso que los modelos escaneados con su escáner extraoral. Lo que sugiere que las condiciones intraorales (saliva, espacio bucal limitado) contribuyen a la inexactitud de un escaneo. Para la planificación del tratamiento y la fabricación de aparatos dentales se pueden utilizar modelos virtuales creadas con el iTero. El estudio sugiere que una exploración ampliada podría mejorar los resultados escaneados en algunas regiones intraorales.

Naidu y Freer³⁹ compararon las medidas realizadas con un calibrador digital en 30 modelos de yeso con los modelos digitales obtenidos por el escáner intraoral iOC (Cadent, Carlstadt, NJ), cuyas mediciones fueron realizadas con ayuda del software OrthoCad. El estudio concluyó que las medidas del tamaño dentario y el cálculo de Bolton con el sistema IOC/OrthoCad son clínicamente aceptables con una excelente fiabilidad y reproducibilidad.

Grünheid et al.² probaron el escáner oral Lava COS (3M ESPE) en 15 pacientes con dentición permanente completa. Encontraron que los escáneres intraorales y los escaneos de las impresiones de alginato con tomografía computarizada son relativamente precisos. Sin embargo, las impresiones de alginato siguen siendo el método preferido de adquisición de modelos con respecto al tiempo en el sillón y la aceptación del paciente. El 73,3% de pacientes prefiere las impresiones de alginato porque son "más fáciles" o "más rápidos", y el 26,7% prefiere la exploración intraoral porque es "más cómodo." Yuzbasioglu et al.¹⁰ afirmaron en su estudio que la comodidad de los pacientes durante la técnica de impresión digital fue mayor que la técnica de impresión convencional.

Jacob HB et al.⁵⁷ compararon la fiabilidad y validez de un escáner extraoral Ortho Insight 3D™ (Motionview Software, Hixson, TN/USA) y dos intraorales iTero™ (Align Technologies, San Jose, CA/USA) and Lythos™ (Ormco Corp., Orange,



CA/USA) usando 15 mandíbulas humanas secas. Ellos concluyeron que las medidas obtenidas fueron muy fiables, con un mínimo error entre los métodos.

Entre tanto, estudios que comparen la fiabilidad de las mediciones en los modelos digitales elaborados con el escáner intraoral CEREC Omnicam no fueron encontrados en la literatura.

El presente marco teórico confirma, la necesidad de poner a prueba a los diferentes productos existentes en el mercado, contribuyendo así con el conocimiento acerca de la fiabilidad de las mismas.



CAPITULO IV



4. Objetivos.

4.1 Objetivo General.

- Comparar la fiabilidad y reproducibilidad de las medidas de los tamaños dentarios y de las arcadas dentarias entre el registro manual y los registros digitales 3D obtenidos por escaneado intraoral y extraoral.

4.2 Objetivos Específicos.

- Analizar y comparar las medidas obtenidas entre el método convencional (modelos de yeso) y el método digital de escaneo extraoral (inEos X5).
- Analizar y comparar las medidas obtenidas entre el método convencional (modelos de yeso) y el método digital de escaneo extraoral (Dental Scanner SMART).
- Analizar y comparar las mediciones obtenidas entre el método convencional (modelos de yeso) y el método digital de escaneo intraoral (CEREC Omnicam).
- Comprobar la reproducibilidad de las mediciones obtenidas en los modelos de yeso.
- Comprobar la reproducibilidad de las mediciones obtenidas en los modelos digitales (inEos X5).
- Comprobar la reproducibilidad de las mediciones obtenidas en los modelos digitales (Dental Scanner SMART).
- Comprobar la reproducibilidad de las mediciones obtenidas en los modelos digitales (CEREC Omnicam).



CAPITULO V



5. Hipótesis.

5.1 Hipótesis Alterna.

No hay diferencia en las medidas de los tamaños dentarios y de las arcadas dentarias entre los registros manuales y los registros digitales obtenidos por escáner intraoral y extraoral.

Independientemente de la técnica de registro empleada, no hay diferencia de las medidas en los tamaños dentarios y de las arcadas dentarias obtenidas en diferentes periodos de tiempo.

5.2 Hipótesis Nula.

Existe diferencia en las medidas de los tamaños dentarios y de las arcadas dentarias entre los registros manuales y los registros digitales obtenidos por escáner intraoral y extraoral.

Independientemente de la técnica de registro empleada, existe diferencia en las medidas de los tamaños dentarios y de las arcadas dentarias obtenidas en diferentes periodos de tiempo.



CAPITULO VI

6. Materiales y Métodos.

6.1 Tipo de estudio.

El estudio fue observacional, transversal y comparativo de las medidas entre los registros manuales y digitales 3D.

6.2 Definición del universo de estudio y muestra.

Universo de estudio.

El universo de estudio estuvo constituido por los pacientes candidatos a realizarse tratamientos ortodóncicos atendidos en dos clínicas especializadas, una de ellas fue la clínica de Posgrado de la Especialidad de Ortodoncia de la Universidad de Cuenca y la otra una clínica privada.

Muestra de estudio.

La muestra estuvo conformada por 20 pacientes de los cuales fueron 9 hombres y 11 mujeres, con edades comprendidas entre 14 y 34 años, con una media de edad de 23,15 años (desviación estándar=6,12), siendo realizado el cálculo probabilístico por conveniencia de la muestra.

El estudio se realizó con los registros de los tamaños de 6 piezas dentarias y las distancias intercaninas e intermolares de cada uno de los 20 pacientes con un total de 200 registros por cada método de obtención de los modelos de estudio.

Todos los pacientes fueron informados de manera exhaustiva sobre el motivo y la sistemática del estudio y firmaron el correspondiente consentimiento informado (Anexo 1,2).

6.3 Unidades de medición.

- Modelos de yeso y modelos digitales 3D obtenidos por escaneado intraoral y extraoral.

6.4 Criterios para la selección de la muestra.

Criterios de inclusión.

- Pacientes con dentición permanente.
- Pacientes sin ausencias dentarias.
- No tener aparatos fijos.



- No presentar un apiñamiento severo en la dentición (<6mm).
- Se admitieron, pequeñas restauraciones oclusales que no comprometieran las caras interproximales, mesial y distal de los dientes.

Criterios de exclusión.

- Presencia de grandes destrucciones o fracturas de los dientes.
- Pacientes alérgicos y/o que no toleren la toma de impresiones con alginato.
- Pacientes que no estén de acuerdo con el consentimiento informado.

6.5 Variables.

Variables cuantitativas.

- Tamaño dentario.
- Distancia intercanina.
- Distancia intermolar.

Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN TEÓRICA	TIPO ESTADÍSTICO	ESCALA DE MEDICIÓN	DATO
TAMAÑO DENTARIO	Es la máxima distancia lineal entre los puntos de contacto mesial y distal del diente.	CUANTITATIVO	CONTINUAS	mm
DISTANCIA INTERCANICA	Es la distancia lineal entre las cúspides de los caninos contralaterales.	CUANTITATIVO	CONTINUA	mm
DISTANCIA INTERMOLAR	La distancia transversal entre las puntas de las cúspides mesiovestibular de los primeros molares permanentes.	CUANTITATIVO	CONTINUA	mm

6.6 Procedimiento y técnicas.

Toda la información fue recogida a través del análisis de los modelos de estudio del paciente: tanto de los modelos de yeso y de los modelos digitales 3D.

6.6.1 Medición de los tamaños dentarios y las arcadas dentarias.

6.6.1.1 Medición en los modelos de yeso.

Para la elaboración de los modelos de yeso, se llevaron a cabo impresiones de las arcadas superiores e inferiores de los pacientes con alginato de marca Hydrogum 5 Zhermack (Badia Polesine, Italia), recomendado en estudios previos por su estabilidad dimensional.⁵⁸ Fueron entonces esperados 20 minutos para iniciar el vaciado con el yeso tipo IV (Resin Rock, Whip Mix, EEUU), el cual garantiza una alta estabilidad dimensional y es apto para la lectura por sistemas CAD/CAM.

Todas las impresiones y modelos de yeso fueron realizados por el mismo examinador (M.M.), respetando siempre los intervalos de tiempo que los productos recomiendan.

Una vez obtenidos los modelos de yeso los excesos fueron recortados y cada set de modelos fue identificada con un número.

Las mediciones realizadas en los modelos de yeso fueron: tamaño del diente distancia intercanina y distancia intermolar. Para lo cual se usó un calibrador digital (Mitutoyo, modelo 500-712-10, Tokio, Japón) con una precisión de 0,01 mm (Figura 1). Los picos del calibrador digital son de borde fino para mejorar la precisión de la medición.

El tamaño del diente se midió desde el mayor diámetro mesiodistal, del punto de contacto mesial anatómico al punto de contacto distal anatómico de cada diente.^{39,42,45}

La distancia intermolar se midió como la distancia entre las puntas de las cúspides mesiovestibular de los primeros molares permanentes y la *distancia intercanina* la distancia entre las puntas de la corona de los caninos permanentes. En los casos de aplanamiento de la punta de la cúspide por desgaste, el punto de referencia fue en el centro de la faceta de desgaste.^{39,42,45,47,57}

Las mediciones de los tamaños dentarios se hicieron en las piezas 16, 13, 11, 36, 33, 31 y las distancias intercaninas e intermolares se realizaron en ambas arcadas desde una vista oclusal, ya que es la mejor elección debido a su precisión, repetibilidad, y la velocidad de medición⁴² (Figura 1). Se obtuvieron un total de 200 registros los cuales fueron consignados a una ficha para su posterior análisis. (Anexo 3).

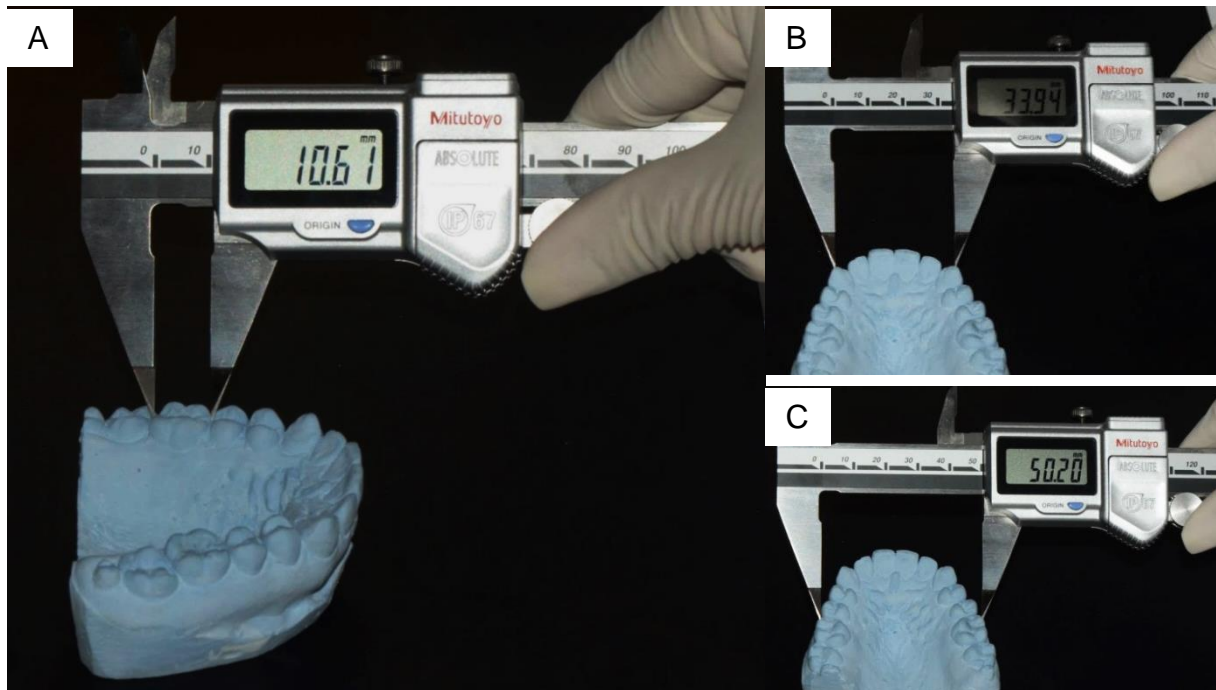


Figura 1. Medición en los modelos de yeso. A) Tamaños dentarios. B) Distancia intercanica. C) Distancia intermolar.

6.6.1.2 Medición en los modelos digitales

El escaneo de los modelos de yeso para la obtención de los modelos digitales tanto por escaneo directo como indirecto fue realizado por el mismo operador (M.M.), la cual previamente fue entrenada y calibrada para el uso de dichos escáneres.

6.6.1.2.1 Escaneo directo

Se realizaron las impresiones digitales con el escáner intraoral CEREC Omnicam (Sirona Dental Systems), que forma parte de las cámaras CAD/CAM. Este escáner brinda un modelo 3D de buena calidad y en colores naturales sin tener previamente que secar o aplicar polvo en las superficies intraorales.

El proceso de escaneo se inició explicando al paciente del procedimiento a realizar. A continuación gravamos los datos del paciente y seleccionamos la arcada a escanear. El escaneo comenzó en la arcada inferior desde el diente más distal en el tercer cuadrante, se prosigue en los dientes anteriores, para finalizar en el cuarto cuadrante hasta el diente más distal. Cada diente fue escaneado por sus lados bucal, lingual y oclusal. Posteriormente, se escaneo la arcada superior de similar manera que la inferior. Para obtener el registro de mordida, se escaneo los dientes anteriores del paciente en oclusión (Figura 2).

Se generaron una serie de archivos STL de los modelos virtuales que fueron almacenados para su posterior medición.

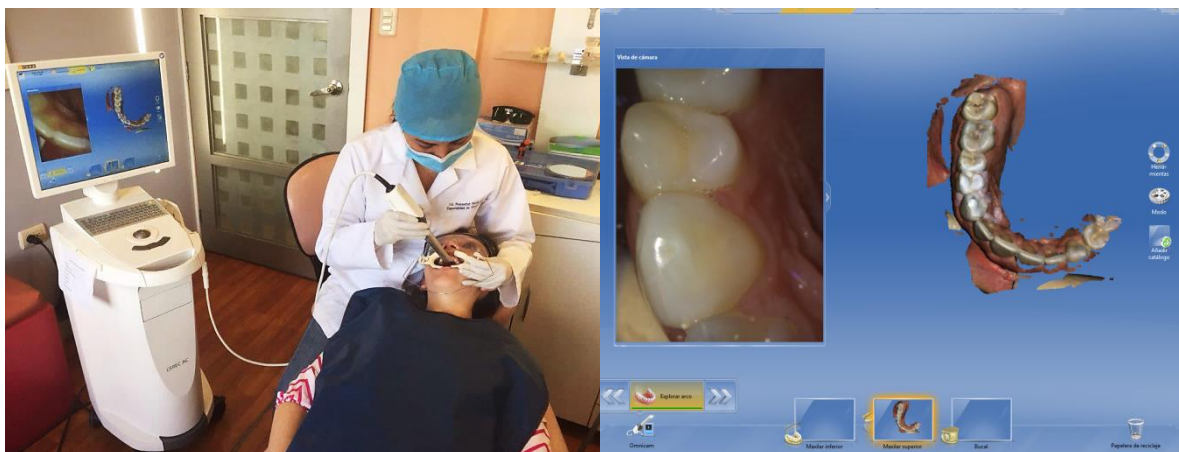


Figura 2. Escáner intraoral CEREC Omnicam. Proceso de escaneo.

Para estos modelos digitales, el tamaño del diente, la distancia intercanina e intermolar se determinó en la pantalla del computador utilizando los mismos criterios que para los modelos de yeso. Los modelos digitales podrían verse en oclusión o individualmente y podrían ser girados y magnificados para facilitar la identificación de los puntos. Una regla virtual se utilizó para hacer las mediciones de punto a punto, para lo cual se hizo clic en un punto usando el mouse y se arrastró la línea al siguiente punto (Figura 3).

Las distancias se midieron en milímetros, y se usó una ficha para la recolección de los datos que será útil para su posterior análisis (Anexo 3).

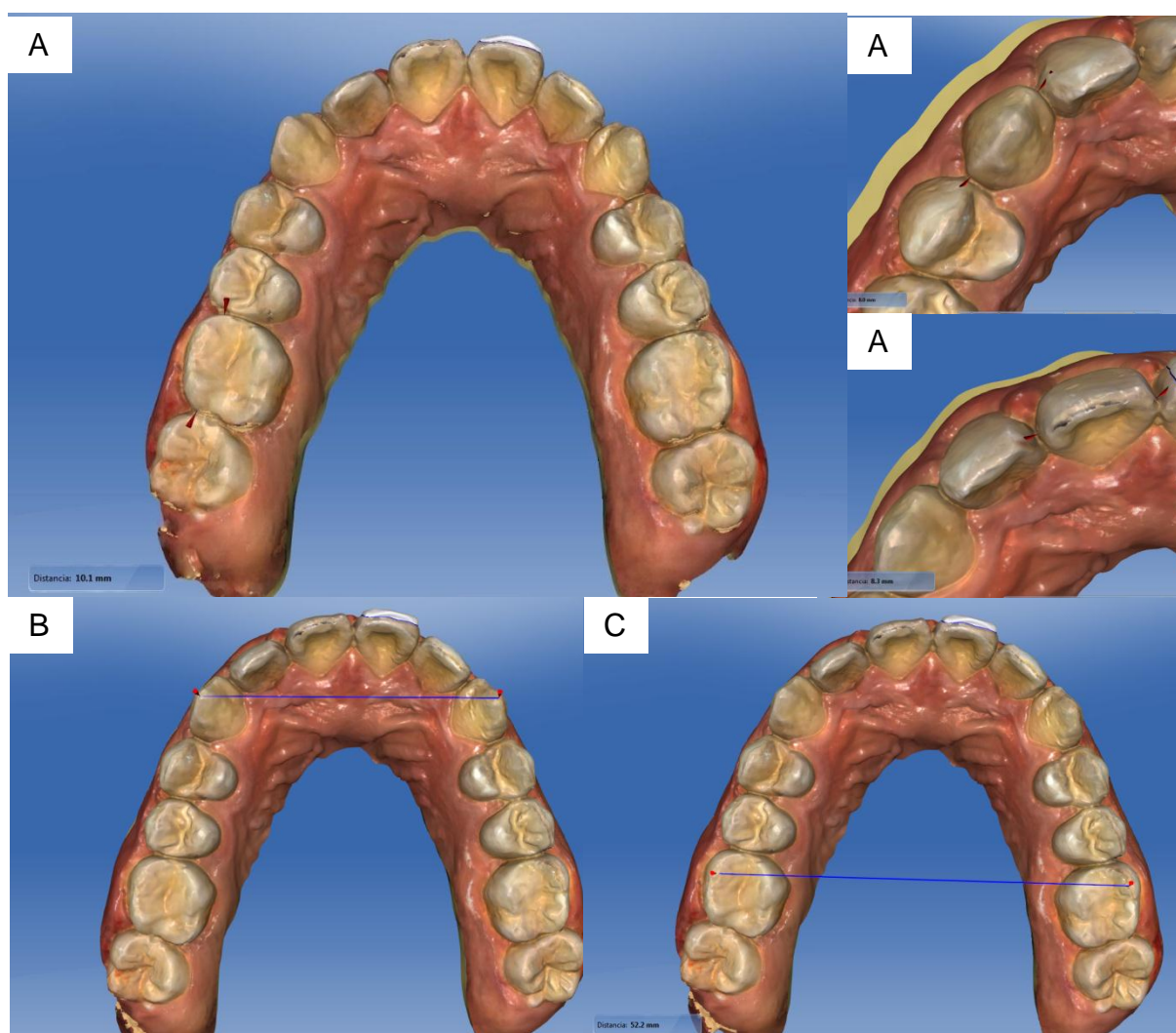


Figura 3. Medición de los modelos digitales obtenidos por el escáner Omnicam. A) Tamaño dentario. B) Distancia intercanina. C) Distancia intermolar.

6.6.1.2.2 Escaneo indirecto

El primer escáner extraoral usado fue **Dental Scanner SMART (Open Technologies)**. Se trata de un escáner de luz azul (estructurada) con dos cámaras con 5,0 megapíxeles, precisión de 5 μm , y resolución de 2 μm .

Para el escaneo de los modelos de yeso se utilizó el software Optical Reveng Dental 2.1 (Open Technologies). Se inició con la introducción de los datos del paciente y posicionando el modelo en su base. El escáner presenta una plataforma con soporte para los modelos y durante el proceso de escaneado, dicha plataforma mueve automáticamente el modelo para que la luz pase por varios ángulos y así

asegure una cobertura completa de la geometría del modelo (Figura 4). La secuencia de escaneo de los modelos fue primero los modelos en oclusión, enseguida el modelo superior y posteriormente el modelo inferior.

Los datos recogidos se guardaron como archivos STL y se importaron al software NemoCast 3D versión Premium (Nemotec) para su posterior medición.

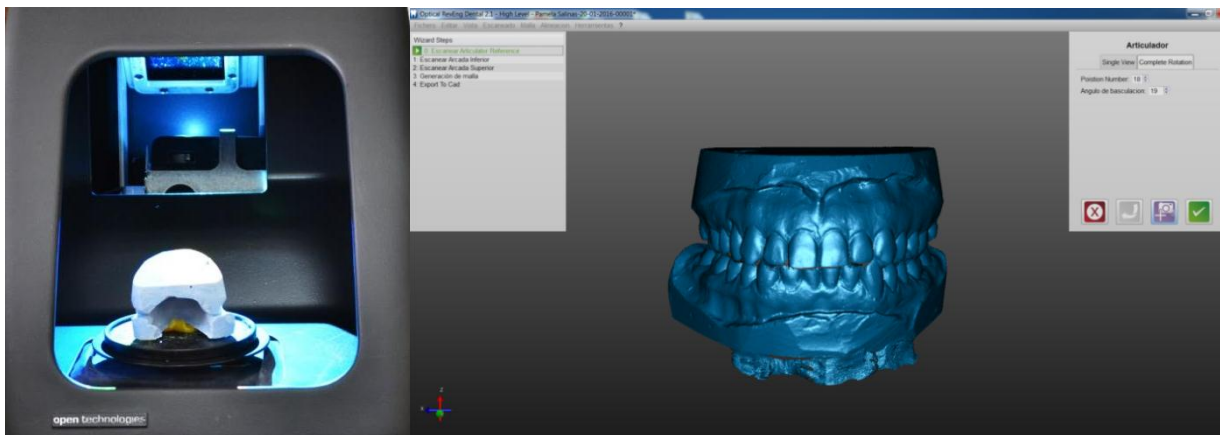


Figura 4. Escáner extraoral Dental Scanner SMART. Proceso de escaneado.

El segundo escáner usado fue **inEos X5 (Sirona Dental Systems)**, que es el escáner CAD/CAM de Sirona, con una óptica de última generación, que puede escanear de forma automática como manual, impresiones y modelos parciales o totales. Este escáner capta de cuatro a cinco piezas dentales por toma y un maxilar completo en sólo cinco tomas gracias al amplio campo de imagen de la cámara, y su precisión es inferior a 12 μm .

El proceso de escaneado se inicia con la introducción de los datos del paciente y seleccionamos la arcada a escanear. Fijamos el modelo de yeso en su placa portamodelos, el lado labial del modelo señala hacia el margen recto de la placa y finalmente colocamos dicha placa en el brazo articulado y procedemos a escanear. Su brazo rotatorio con cinco ejes permite posicionar de forma automática los modelos. La secuencia se inició con el maxilar superior, posteriormente el maxilar inferior y finalmente un registro bucal. Para el registro bucal ambos maxilares se colocaron en oclusión y se realizó una impresión óptica que abarco simultáneamente ambos maxilares. Se generaron una serie de archivos STL de los modelos virtuales que fueron almacenados para su posterior medición (Figura 5).

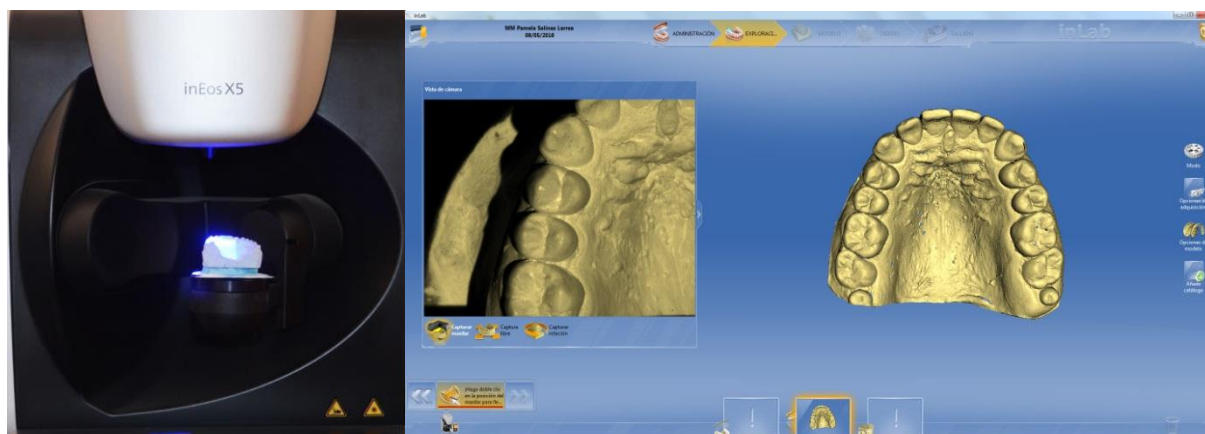


Figura 5. Escáner extraoral inEos X5. Proceso de escaneado.

Para las mediciones de los modelos digitales, creados tanto por el escáner inEos X5 como por el escáner Dental Scanner SMART/NemoCast 3D versión Premium, el tamaño del diente, la distancia intermolar e intercanina se determinó en la pantalla del computador utilizando los mismos criterios que para los modelos de yeso. Para facilitar la identificación de los puntos los modelos se giraron y magnificaron. Para realizar las mediciones una regla virtual se utilizó y las distancias se midieron en milímetros (Figura 6,7). Los datos recogidos fueron asignados a una ficha que será útil para su posterior análisis (Anexo 3).

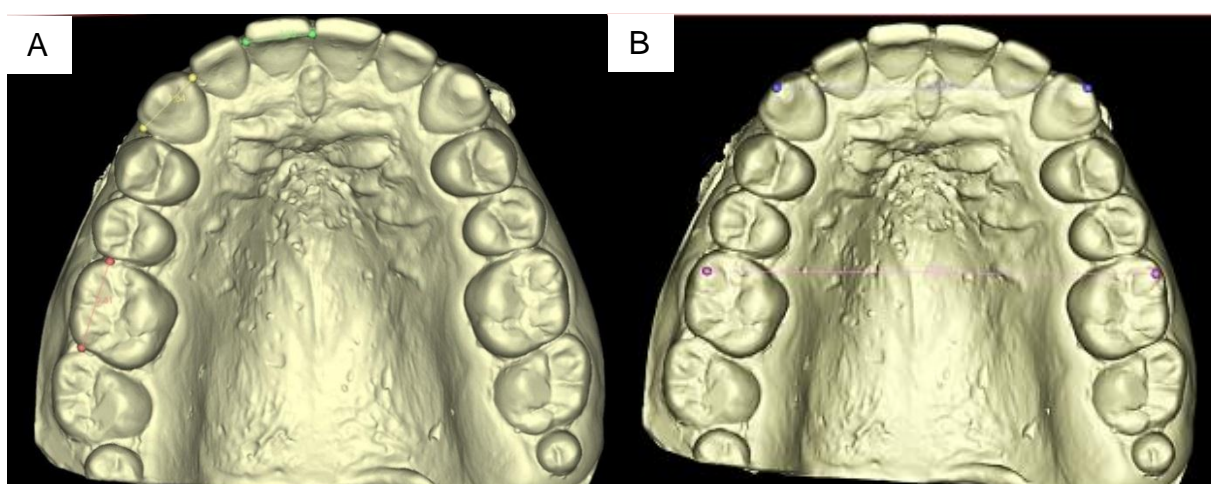


Figura 6. Modelos digitales obtenidos por Dental Scanner SMART/NemoCast 3D Premium.
A) Tamaños dentarios. B) Distancia intercanina e intermolar.

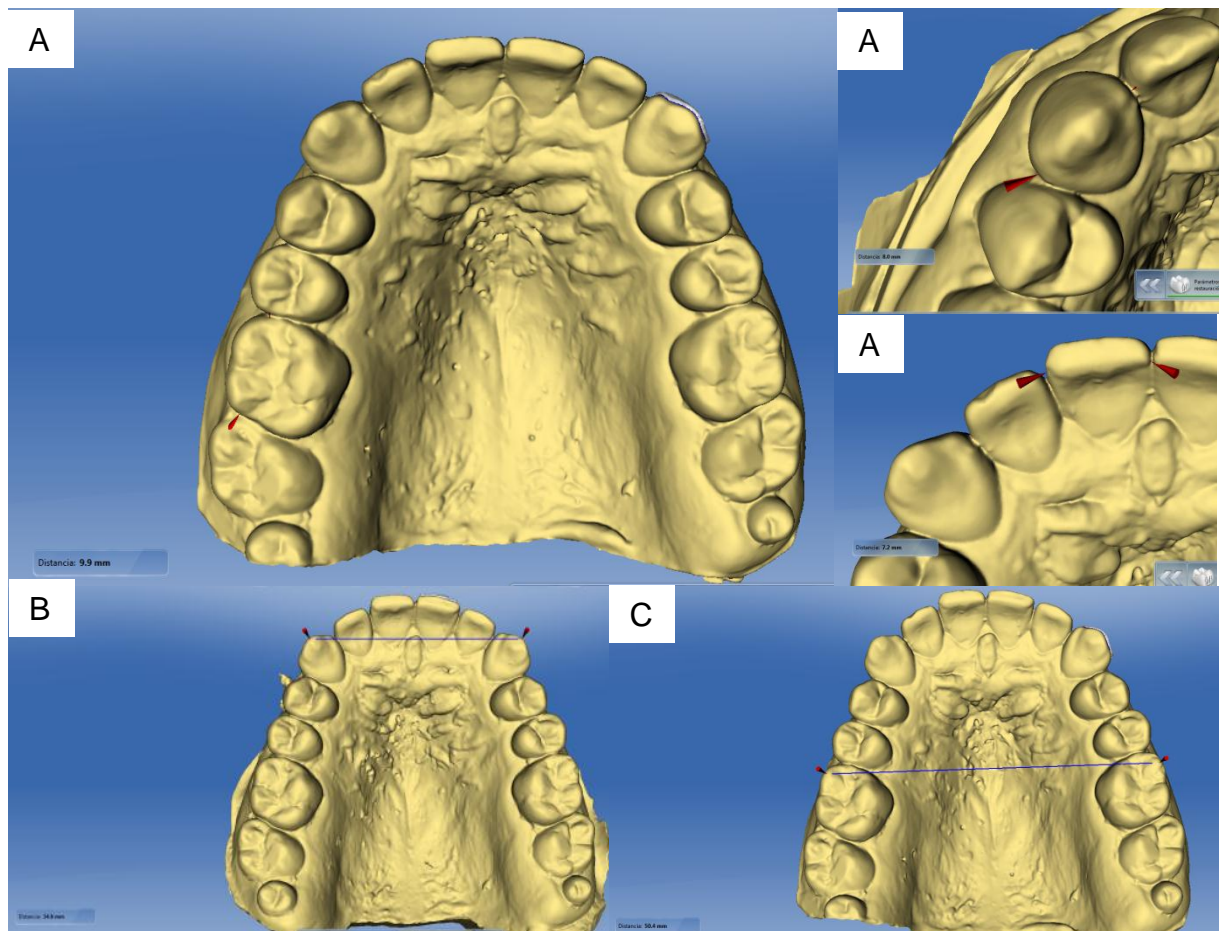


Figura 7. Modelos digitales obtenidos por escáner inEos X5. A) Tamaños dentarios. B) Distancia intercanina. C) Distancia intermolar.

El examinador principal (M.M.) midió todos los modelos dos veces usando los cuatro métodos de medición. Las replicaciones fueron separadas por 1 mes para eliminar cualquier sesgo de recuerdo. La examinadora secundaria (M.C.) midió todos los modelos una vez usando todos los métodos. Tanto los modelos virtuales y de yeso fueron evaluados en un orden aleatorio.

6.7 Análisis estadístico

El procesamiento y análisis de datos fue realizado con el apoyo del programa estadístico SPSS Statistics 22 (IBM).

Para determinar el error medio de los escáneres frente a los registros obtenidos con los modelos de yeso, se emplearon las varianzas de las diferencias en cada caso.

Además, los datos fueron sometidos a la prueba de distribución de normalidad de Shapiro-Wilk. Para determinar la fiabilidad entre métodos, comparando los registros de las mediciones con el método manual (modelos de yeso) con relación a los métodos digitales (intraorales y extraorales), se usó la prueba ANOVA para múltiples muestras con corrección de Tukey. Para todos estos análisis, un nivel igual o inferior al 5% ($p \leq 0,05$) fue considerado estadísticamente significativo.

Finalmente, para conocer la reproducibilidad intra-examinador e inter-examinadores, se empleó el coeficiente de correlación intraclass (CCI), considerando los CCI promedio de todos los registros dentro de cada método. La repetibilidad intra-examinador se evaluó con los valores de CCI repitiendo 4 medidas seleccionadas al azar en todos los modelos, 1 mes más tarde. Y la repetibilidad inter-examinador se evaluó con los valores de CCI repitiendo todas las medidas en todos los modelos.

Los promedios de CCI fueron clasificados de acuerdo a los criterios de Roberts y Richmond^{39,59} que consideran un valor de CCI < 0,4 como bajo, valores entre 0,4 y 0,75 como aceptables, y > 0,75 como bueno.



CAPITULO VII

7. Resultados

7.1 Errores de medidas entre métodos:

Como podemos observar en la Tabla 1, con respecto a los datos obtenidos por medio del método convencional (modelos de yeso), el promedio de error del método digital Extraoral inEos X5 fue de 0,04mm (DE= 0,024 mm), el del Dental Scanner SMART fue de 0,049mm (DE= 0,045 mm) y finalmente del CEREC Omnicam fue de 0,048 mm (DE= 0,019mm), (Anexo 4).

Tabla 1. Error de medición (Entre métodos).

Método	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Media (mm)	DE (mm)
Yeso - inEos X5	0,016	0,079	0,040	0,024
Yeso - Dental Scanner SMART	0,022	0,168	0,049	0,045
Yeso- CEREC Omnicam	0,025	0,094	0,048	0,019

FUENTE: Valores estadísticos procesados en el SPSS.

7.2 Fiabilidad entre métodos.

Los datos obtenidos presentaron un comportamiento normal ($p > 0,05$). (Anexo 5). Como puede ser observado en la Tabla 2, la prueba ANOVA para todos los grupos de estudio reveló que no existen diferencias estadísticamente significativas entre sus medias.

Tabla 2. ANOVA para muestras múltiples.

	Pieza / Distancia	F	P*
Tamaño de piezas dentarias	16	0,171	0,916
	13	0,214	0,886
	11	0,088	0,967
	36	0,272	0,845
	33	0,011	0,999
	31	0,230	0,875
Distancia intercanina	13-23	0,037	0,991
	33-43	0,013	0,998
Distancia intermolar	16-26	0,030	0,993
	36-46	0,004	1,000

*Nota: * $\leq 0,05$ = diferencia significativa.*

Por otro lado, la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey determinó que en los tamaños dentarios, no existen diferencias significativas entre el método manual con modelos de yeso y cada uno de los métodos digitales: escáner extraoral inEos X5, escáner extraoral Dental Scanner SMART, escáner intraoral CEREC Omnicam, en ninguno de los 6 registros como se puede ser apreciado en la Tabla 3.

Tabla 3. Diferencia de medias entre métodos - Tamaños dentarios.

Número de pieza		Métodos	Diferencia de medias (I-J)	Sig*
16	Yeso	InEos X5	-,04800	,989
		Dental Scanner SMART	-,09150	,929
		CEREC Omnicam	-,09300	,926
13	Yeso	InEos X5	-,05350	,990
		Dental Scanner SMART	-,10350	,936
		CEREC Omnicam	,02650	,999
11	Yeso	InEos X5	-,03950	,997
		Dental Scanner SMART	-,08850	,964
		CEREC Omnicam	-,01450	1,000
36	Yeso	InEos X5	-,07950	,963
		Dental Scanner SMART	-,14850	,804
		CEREC Omnicam	-,08450	,956
33	Yeso	InEos X5	-,01850	,999
		Dental Scanner SMART	,00100	1,000
		CEREC Omnicam	,00200	1,000
31	Yeso	InEos X5	-,02600	,995
		Dental Scanner SMART	-,08900	,851
		CEREC Omnicam	-,04100	,982

Nota: * $\leq 0,05$ = diferencia significativa.

La prueba de Tukey, reveló que las distancias intercaninas e intermolares superiores e inferiores no presentan diferencias estadísticamente significativas entre el método manual con modelos de yeso y cada uno de los 4 métodos digitales: escáner extraoral InEos X5, escáner extraoral Dental Scanner SMART, escáner intraoral CEREC Omnicam, en ninguno de los 4 registros, como se puede ser apreciado en la Tabla 4.

Tabla 4. Diferencia de medias entre métodos - Distancias intercaninas e intermolares

Distancia		Métodos	Diferencia de medias (I-J)	Sig*
13-23	Yeso	inEos X5	-,11000	,997
		Dental Scanner SMART	-,16200	,992
		Omnicam	-,02000	1,000
16-26	Yeso	inEos X5	-,22950	,995
		Dental Scanner SMART	-,25150	,993
		Omnicam	-,14450	,999
33-43	Yeso	inEos X5	-,04150	1,000
		Dental Scanner SMART	-,12350	,997
		Omnicam	-,05150	1,000
36-46	Yeso	inEos X5	-,01750	1,000
		Dental Scanner SMART	-,04050	1,000
		Omnicam	-,08250	1,000

*Nota: * $\leq 0,05$ = diferencia significativa.*

7.3 Reproducibilidad intra-examinador.

Como se puede observar en la Tabla 5, en general el coeficiente de correlación intraclase (CCI), intra-examinador fue alto y considerado bueno, con los 4 métodos de medición. En los registros de estudio se determinó que: utilizando el método manual con los **MODELOS DE YESO** el CCI varía entre 0,819 y 0,988 con una media de 0,938 (DE=0,080), empleando el **ESCANER EXTRAORAL inEos X5**, se observó un coeficiente mínimo de 0,876 y un máximo de 0,986 con una media de 0,938 (DE=0,054), con el **ESCANER EXTRAORAL Dental Scanner SMART**, se determinó que la media fue de 0,957 (DE=0,031), siendo el más alto en todos los casos en un rango de entre 0,921 y 0,992, finalmente con **ESCANER INTRAORAL CEREC Omnicam**, se encontraron CCI desde 0,873 hasta 0,987 con una media de 0,933 (DE=0,057). (Anexo 6).

Tabla 5. Coeficiente de correlación intraclase intra-examinador (r)*

Método	Mínimo	Máximo	Media	DE
Modelos de yeso	0,819	0,988	0,938	0,080
inEos X5	0,876	0,986	0,938	0,054
Dental Scanner SMART	0,921	0,992	0,957	0,031
CEREC Omnicam	0,873	0,987	0,933	0,057

*Nota: * valores correspondientes a la media de coeficientes individuales de cada medición.*

7.4 Reproducibilidad inter- examinador.

Como se puede observar en la Tabla 6, el coeficiente de correlación intraclase (CCI) demostró que la reproducibilidad de las mediciones inter-examinadores fue alto y clasificado como bueno, en los 4 métodos de medición y en los 10 registros de estudio. Considerando los CCI, promedio, se encontró que: utilizando el método manual con los **MODELOS DE YESO** el CCI mínimo fue de 0,818 y 0,992 con una media de 0,939 (DE=0,064), en el **ESCANER EXTRAORAL inEos X5**, se determinó un rango de variación de entre 0,826 y 0,993 con una media de 0,927 (DE=0,060), con el **ESCANER EXTRAORAL Dental Scanner SMART**, se halló que los registros varían desde un CCI de 0,909 hasta uno de 0,985 con una media de 0,958 (DE=0,023) con los coeficientes más altos entre los grupos, finalmente empleando el **ESCANER INTRAORAL CEREC Omnicam**, se observó el CCI mínimo más bajo entre los grupos (0,79) con un máximo de 0,993 y una media de 0,945 (DE=0,060). (Anexo 7).

Tabla 6. Coeficiente de correlación inter-examinador (r)*

Método	Mínimo	Máximo	Media	DE
Modelos de yeso	0,818	0,992	0,939	0,064
inEos X5	0,826	0,993	0,927	0,060
Dental Scanner SMART	0,909	0,985	0,958	0,023
CEREC Omnicam	0,790	0,993	0,945	0,060

*Nota: *Valores medios de los CCI de cada registro.*



CAPITULO VIII

8. Discusión

A medida que la tecnología mejora, los ortodoncistas cuentan con nuevas herramientas para ayudar con el diagnóstico y la planificación del tratamiento. La tendencia de los modelos virtuales en ortodoncia es clara y distintos escáneres y programas están disponibles actualmente para llevar a cabo los análisis de los modelos virtuales. Por lo tanto, es responsabilidad de la comunidad de ortodoncia investigar las ventajas y desventajas de estas nuevas herramientas para determinar su utilidad clínica.^{15,17,22,26,27}

Este estudio evaluó la fiabilidad y reproducibilidad de las medidas en los modelos digitales producidos por el escáner Dental Scanner SMART, inEos X5 y CEREC Omnicam con un estándar de oro, que son los modelos de yeso. Por lo tanto, en la investigación actual, se aplica dos métodos de escaneo: indirecto sobre modelos de yeso y un directo sobre la dentición. Los resultados de la presente investigación demuestran que las mediciones de los tamaños dentarios y las distancias intercanina e intermolar fueron clínicamente fiables, ya que no existen diferencias significativas entre los registros manuales con modelos de yeso y cada uno de los registros digitales. En general, los métodos investigados consistentemente daban medidas similares a las mediciones realizadas con calibrador.

La comparación de estos hallazgos con otros existentes en la literatura resulta impracticable, puesto que no se encontraron estudios que comparen la fiabilidad y reproducibilidad de los escáneres previamente citados con relación a los modelos de yeso. Sin embargo, otros análisis,^{2,10,15,16,18,22,25,29,31,39,43,44,45,49,59} que utilizaron similares herramientas para la obtención de registros digitales, tampoco revelaron diferencias significativas entre los datos obtenidos a través de la medición en modelos de yeso y aquellos provenientes de los registros digitales.

Wiranto et al.¹⁵ determinaron que el ancho de los dientes en los modelos DigiModels y los modelos Lava en comparación con las mediciones manuales en modelos de yeso fueron en general similares. Sin embargo, hubo diferencias pequeñas de 0,2 mm y podría ser considerado como clínicamente insignificante. Santoro et al.¹⁸ encontraron similares resultados. Hay varias razones que podrían explicar esta leve inexactitud, desde una distorsión del modelo de yeso o a la

variación del operador y la dificultad en la identificación de los puntos de referencia.² Esto es especialmente una preocupación para los modelos digitales porque una estructura de 3 dimensiones es vista como una imagen de 2 dimensiones, y la identificación de los puntos puede llegar a ser más difícil. Además, en algunos casos, la anatomía oclusal y áreas interproximales no se pueden definir suficientemente bien como para tener la certeza de que el mayor diámetro mesiodistal era el que se está midiendo.^{25,29}

En general, las diferencias no se consideraron clínicamente significativas, y la mayoría autores han acordado que las mediciones de los dientes tomadas en modelos digitales sean obtenidos por escáneres extraorales o intraorales son precisas y fiables cuando se comparan con los modelos de yeso.^{2,15,16,17,18,29,39,40,44,52,54,57}

Los errores promedio en todos los métodos en este estudio es mínimo <1 mm (todos son alrededor de 0,04 mm). El método menos preciso en comparación con el método manual mediante modelos de yeso, es el Dental Scanner SMART/Nemocast 3D (Error medio 0,049mm). La literatura^{16,39,44} reporta que las diferencias de las medias en los tamaños de los dientes entre los modelos de yeso y modelos digitales varían de 0 a 0,384 mm. y para las distancias transversales las diferencias van desde 0,04 a 0,62 mm.^{18,46} La media de las diferencias en este estudio se encontraban dentro de este rango.

Por lo tanto, ninguno de estos métodos puede ser considerado que proporciona inequívocamente mediciones correctas, ya que, ninguno de los métodos puede producir una réplica exacta de la dentición. Aunque los modelos de yeso se consideran el estándar de oro, esto no debe implicar que se midan sin errores. Según Stevens DR et al.⁴⁴ los modelos digitales dan mediciones más válidas que los modelos de yeso porque no hay barrera física que impida la medición de los puntos, pues es poco probable que el calibrador pueda alcanzar el punto de contacto interproximal exacto de un diente, cuando ese diente está en contacto con los otros dientes.^{16,60} Razón por la cual en este estudio los sujetos con severa apiñamiento no fueron incluidos.

Por otro lado, la exploración intraoral puede resultar en modelos digitales con más exactitud de la situación intraoral porque hay menos fuentes de error. Es decir,

entre menos pasos se efectúen para producir los modelos, más precisos serán.^{16,32,39,54,55,57}

Este estudio encontró que el escáner intraoral CEREC Omnicam es tan fiable como los escáneres extraorales y los modelos de yeso ya que el mismo no utiliza polvo para escanear las superficies dentales lo que podría ocasionar una capa de variable espesor.

En cuanto a la reproducibilidad de los modelos de yeso y digitales, Roberts y Richmond^{39,59} declararon que un CCI < 0,4 se considera bajo, entre 0,4 y 0,75 es aceptable, y > 0,75 es bueno. El presente estudio presentó un CCI bueno con valores superiores a 0,90 en las evaluaciones intra- e inter-examinadores para los cuatro métodos. Aunque el sistema digital Dental Scanner SMART parece tener una leve mejor reproducibilidad.

Los resultados encontrados concuerdan con estudios similares. Quimby et al.¹⁷ encontraron un alto grado de reproducibilidad con un CCI > 0,90 para las mediciones efectuadas en ambos modelos de yeso y digitales. Watanabe-Kanno et al.²⁷ encontraron un CCI en los modelos digitales de 0.84 ± 0.15 (intra-examinador) and 0.80 ± 0.19 (inter-examinador). Akyalcin et al.⁵² encontraron valores del CCI al comparar las mediciones con calibrador y las mediciones hechas en los modelos digitales iTero que oscilaban entre 0,92 y 0,9. Grünheid T et al.² en su estudio demostraron, que la reproducibilidad de las mediciones digitales fue excelente en la mayoría de los casos y las mediciones manuales en modelos de yeso fueron los menos reproducibles.

Estos hallazgos sugieren que hay casos en los que las tecnologías digitales hacen mediciones más reproducibles y podría ser más ventajoso utilizarlos.³²

Además, si la reproducibilidad inter-examinador es alta, se puede suponer que la reproducibilidad intra-examinador es alta también puesto que hay menos factores de confusión, con sólo 1 examinador que entre varios examinadores.¹⁵



CAPITULO IX



9. Conclusiones

1. Independientemente del escáner utilizado no existen diferencias significativas en relación a los modelos de yeso.
2. La reproducibilidad intra e inter-examinador de cada uno de los métodos fue bueno.

Por lo tanto, se sugiere que las medidas de los registros digitales obtenidas por los dos escáneres extraorales: InEos X5 y Dental Scanner SMART y el escáner intraoral CEREC Omnican son fiables y reproducibles. Estas mediciones pueden ser una alternativa clínicamente aceptable para sustituir las mediciones con calibradores en los modelos de yeso.



10. Recomendaciones

Mi recomendación para futuras investigaciones usando estos escáneres, es que se realice un análisis en denticiones gravemente apiñadas y con mediciones más complejas como: espacio disponible, índice de irregularidad, análisis de Bolton. Esto permitirá conocer si estos modelos digitales pueden ser considerados el nuevo estándar de oro.



11. Referencias Bibliográficas

1. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent.* 2013;109(2):121-128.
2. Grünheid T, Patel N, De Felipe NL, Wey A, Gaillard PR, Larson BE. Accuracy, reproducibility, and time efficiency of dental measurements using different technologies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;145(2):157-164.
3. Fleming PS, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2011;14(1):1-16.
4. Torassian G, Kau CH, English JD, Powers J, Bussa HI, Marie Salas-Lopez A et al. Digital models vs plaster models using alginate and alginate substitute materials. *Angle Orthod.* 2010;80(4):474-481.
5. Asquith J, Gillgrass T, Mossey P. Three-dimensional imaging of orthodontic models: a pilot study. *Eur J Orthod.* 2007;29(5):517-522.
6. Nouri M, Massudi R, Bagheban AA, Azimi S, Fereidooni F. The accuracy of a 3-D laser scanner for crown width measurements. *Aust Orthod J.* 2009;25(1):41-47.
7. Rosseto MC, Palma FM, Ferreira RI, Pinzan A, Vellini FF. Comparative study of dental arch width in plaster models, photocopies and digitized images. *Braz Oral Res.* 2009;23(2):190-195.
8. Han UK, Vig KW, Weintraub JA, Vig PS, Kowalski CJ. Consistency of orthodontic treatment decisions relative to diagnostic records. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991;100(3):212-219.



9. Leal RC, Tanque LN, Gouveia SA, Carmadella EG. Análises de modelos: uma revisão da literatura. *R Clin Ortodon Dental Press*. 2006;5(1):64-76.
10. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health*, 2014;14(1):1-7.
11. Fraile BC. Estudio clínico descriptivo transversal de la fiabilidad de registros intermaxilares obtenidos mediante escaneado digital intraoral [Tesis]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Facultad de odontología. 2014.
12. Perakis N, Belser UC, Magne P. Final impressions: a review of material properties and description of a current technique. *International Int J Periodontics Restorative Dent*. 2004;24(2):109-118.
13. Alcan T, Ceylanoğlu C, Baysal B. The relationship between digital model accuracy and time-dependent deformation of alginate impressions. *Angle Orthod*. 2009;79(1):30-36.
14. Dalstra M, Melsen B. From alginate impressions to digital virtual models: accuracy and reproducibility. *J Orthod*, 2009;36(1):36-41.
15. Wiranto MG, Engelbrecht WP, Tutein Nolthenius HE, van der Meer WJ, Ren Y. Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;143:140-147.
16. Cuperus AM, Harms MC, Rangel FA, Bronkhorst EM, Schols JG, Breuning KH. Dental models made with an intraoral scanner: a validation study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012;142(3):308-313.



17. Quimby ML, Vig KW, Rashid RG, Firestone AR. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod.* 2004;74:298-303.
18. Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay OF, Cangialosi TJ. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;124(1):101-105.
19. Bell A, Ayoub AF, Siebert P. Assessment of the accuracy of a three dimensional imaging system for archiving dental study models. *J Orthod.* 2003;30:219–223.
20. Hou HM, Wong RWK, Hagg, EUO. The uses of orthodontic study models in diagnosis and treatment planning. *Hong Kong Dental Journal.* 2006;3:107-115
21. Champagne M. Reliability of measurements from photocopies of study models. *J Clin Orthod.* 1992;26:648-650.
22. Asquith JA, McIntyre GT. Dental arch relationships on three-dimensional digital study models and conventional plaster study models for patients with unilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate Craniofac J.* 2012; 49(5):530-534.
23. Tarazona ÁB. Estudio comparativo de la fiabilidad y reproducibilidad en la medición de los tamaños dentarios y las medidas de la arcada dentaria entre la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y un método digital con modelos de estudio [Tesis doctoral]. Valencia: Universidad de Valencia. Facultad de Medicina y Odontología. 2011.
24. Schirmer UR, Wiltshire WA. Manual and computer-aided space analysis: a comparative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop;* 1997;112:676-80.



25. Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS, Cangialosi TJ. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;136(16):1-16.
26. Rheude B, Sadowsky PL, Ferriera A, Jacobson A. An evaluation of the use of digital study models in orthodontic diagnosis and treatment planning. *Angle Orthod*. 2005;75:300-304.
27. Watanabe-Kanno GA, Abrão J, Miasiro Junior H, Sánchez-Ayala A, Lagravère MO. Reproducibility, reliability and validity of measurements obtained from Ceph3 digital models. *Braz Oral Res*. 2009;23(3):288-295.
28. de Waard O, Rangel FA, Fudalej PS, Bronkhorst EM, Kuijpers-Jagtman AM, Breuning KH. Reproducibility and accuracy of linear measurements on dental models derived from cone-beam computed tomography compared with digital dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014;146:328-336.
29. Zilberman O, Huggare J, Parikakis K A. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthod*. 2003;73(3):301-306.
30. Hajeer MY, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP. Current Products and Practices: Applications of 3D imaging in orthodontics: Part I. *J Orthod*. 2004;31(1):62-70.
31. Reuschl RP, Heuer W, Stiesch M, Wenzel D, Dittmer MP. Reliability and validity of measurements on digital study models and plaster models. *Eur J Orthod*. 2016;38(1):22-26.
32. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Diagnostic accuracy and measurement sensitivity of digital models for orthodontic purposes: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016;149(2):161-170.



33. Camardella LT, Souza JM, Vilella BS, Vilella, ODV. Avaliação da acurácia e confiabilidade de modelos digitais por escaneamento do modelo de gesso. *Ortodontia*, 2015;48(1):43-58.
34. Correia GDC, Habib FAL, Vogel CJ. Tooth-size discrepancy: A comparison between manual and digital methods. *Dental Press J Orthod*. July-Aug 2014;19(4):107-113.
35. Ochoa de Olza A. Estudio experimental in-vitro de tres escáneres Cad/Cam extraorales [Tesis]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Odontología. 2012
36. Westerlund A, Tancredi W, Ransjö M, Bresin A, Psonis, S, Torgersson, O. Digital casts in orthodontics: A comparison of 4 software systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015;147(4):509-516.
37. Hayashi K, Chung O, Park S, Lee SP, Sachdeva, RC, Mizoguchi I. Influence of standardization on the precision (reproducibility) of dental cast analysis with virtual 3-dimensional models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015;147(3):373-380.
38. Kusnoto B, Evans CA. Reliability of a 3D surface laser scanner for orthodontic applications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2002; 122:342-348.
39. Naidu D, Freer TJ. Validity, reliability, and reproducibility of the iOC intraoral scanner: a comparison of tooth widths and Bolton ratios. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;144:304–310.
40. Garino F, Garino GB. Comparison of dental arch measurements between stone and digital casts. *World J Orthod* 2002;3:250-4.



41. Tomassetti JJ, Taloumis LJ, Denny JM, Fischer JR Jr. A comparison of 3 computerized Bolton tooth-size analyses with a commonly used method. *Angle Orthod.* 2001;71:351-357.
42. Horton HM, Miller JR, Gaillard PR, Larson BE. Technique comparison for efficient orthodontic tooth measurements using digital models. *Angle Orthod.* 2010;80:254–261.
43. Mullen SR, Martin CA, Ngan P, Gladwin M. Accuracy of space analysis with emodels and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:346-352.
44. Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raboud DW, Heo G, Major PW. Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129:794-803.
45. Sousa MV, Vasconcelos EC, Janson G, Garib D, Pinzan A. Accuracy and reproducibility of 3 dimensional digital model measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142:269-273.
46. Keating AP, Knox J, Bibb R, Zhurov AI. A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy. *J Orthod.* 2008;35(3):191-201.
47. Bootvong K, Liu Z, McGrath C, Hägg U, Wong RW, Bendeus M, et al. Virtual model analysis as an alternative approach to plaster model analysis reliability and validity. *Eur J Orthod,* 2010;32(5):589-595.
48. Mangiacapra R, Butti AC, Salvato A, Biagi R. Traditional plaster casts and dental digital models: intra-examiner reliability of measurements. *Prog Orthod.* 2009;10(2):48-53.



49. Costalos PA, Sarraf K, Cangialosi TJ, Efstratiadis S. Evaluation of the accuracy of digital model analysis for the American Board of Orthodontics objective grading system for dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:624-629.
50. Lightheart KG, English JD, Kau CH, Akyalcin S, Bussa HI Jr, McGrory KR, et al. Surface analysis of study models generated from OrthoCAD and cone-beam computed tomography imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012;141:686-693
51. Leung CC, Palomo L, Griffith R, Hans MG. Accuracy and reliability of cone-beam computed tomography for measuring alveolar bone height and detecting bony dehiscences and fenestrations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:109-119.
52. Akyalcin S, Cozad BE, English JD, Colville CD, Laman S. Diagnostic accuracy of impression-free digital models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;144(6):916-922.
53. Lagravere MO, Carey J, Toogood RW, Major PW. Three-dimensional accuracy of measurements made with software on conebeam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;134:112-116.
54. Flugge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;144:471-478.
55. Patzelt SB, Lamprinos C, Stampf S, Att W. The time efficiency of intraoral scanners: an in vitro comparative study. *J Am Dent Assoc*. 2014;145(6):542-551.



-
56. Christensen GJ. Impressions are changing: deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. *J Am Dent Assoc.* 2009; 140(10):1301-1304.
 57. Jacob HB, Wyatt GD, Buschang PH. Reliability and validity of intraoral and extraoral scanners. *Prog Orthod.* 2015;16(1):1-6.
 58. Sedda M, Casarotto A, Raustia A, Borracchini A. Effect of storage time on the accuracy of casts made from different irreversible hydrocolloids. *J Contemp Dent Pract.* 2008;9(4):59-66.
 59. Roberts CT, Richmond S. The design and analysis of reliability studies for the use of epidemiological and audit indices in orthodontics. *Br J Orthod.* 1997;24(2):139-147.
 60. Shellhart WC, Lange DW, Kluemper GT, Hicks EP, Kaplan AL. Reliability of the Bolton tooth-size analysis when applied to crowded dentitions. *Angle Orthod.* 1995;65:327-34.



ANEXOS

12. Anexos

Anexo 1 Información al paciente.



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
ESPECIALIDAD DE ORTODONCIA

Cuenca,

INFORMACIÓN AL PACIENTE

Se le ofrece la posibilidad de participar en la Tesis titulada ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FIABILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD EN LA MEDICIÓN DE LOS TAMAÑOS DENTARIOS Y LAS MEDIDAS DE LAS ARCADAS DENTARIAS ENTRE REGISTROS MANUALES Y DIGITALES 3D OBTENIDOS POR ESCANEADO INTRAORAL Y EXTRAORAL, que está siendo realizado por la Odont. Monserrat Marín bajo la dirección del Dr. Manuel Bravo.

¿Cuál es el objetivo de este estudio?

Probar la exactitud de medición en modelos dentales 3D creados con un escáner intraoral y extraoral.

¿Por qué se le ha pedido que participe?

Se le pide su participación en este estudio ya que va a ser tratado ortodóncicamente y aprovechando esta situación puede formar parte de un estudio.

¿En qué consiste su participación? ¿Qué tipo de pruebas o procedimientos se le realizarán?

Se le solicita permiso para utilizar con fines científicos y didácticos los modelos obtenidos de su boca. Este estudio no implicará ningún procedimiento invasivo ni especialmente molesto para el paciente.

¿Cuáles son los riesgos generales de participar en este estudio?

No se prevé ningún riesgo adicional para usted.

¿Cuáles son los beneficios de la participación en este estudio?

Es muy posible que los resultados obtenidos en esta investigación puedan ayudar a mejorar los protocolos de atención durante su tratamiento de ortodoncia.

¿Qué pasará si decido no participar en este estudio?

Su participación en este estudio es TOTALMENTE VOLUNTARIA.

¿Qué pasará con las muestras obtenidas durante la investigación?

Durante su participación en este estudio los registros se utilizarán únicamente con fines de investigación. Todos sus datos, así como toda la información recogida será tratada con absoluta confidencialidad por parte del personal encargado de la investigación. Así mismo, si los resultados del estudio fueran susceptibles de publicación en revistas científicas, en ningún momento se proporcionarán datos personales de los pacientes que han colaborado en esta investigación.

**Anexo 2. Consentimiento informado.**

**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
ESPECIALIDAD DE ORTODONCIA**

CUENCA,.....

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo.....estoy de acuerdo a participar de manera voluntaria en la investigación titulada: ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FIABILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD EN LA MEDICIÓN DE LOS TAMAÑOS DENTARIOS Y LAS MEDIDAS DE LAS ARCADAS DENTARIAS ENTRE REGISTROS MANUALES Y DIGITALES 3D OBTENIDOS POR ESCANEADO INTRAORAL Y EXTRAORAL, que está siendo realizado por la Odont. Monserrat Marín bajo la dirección del Dr. Manuel Bravo.

Se me ha informado previamente de los riesgos y beneficios que voy a obtener, he realizado las preguntas que considere necesarias y la Odontóloga me ha dado respuestas comprensibles.

Por lo tanto doy mi consentimiento para participar en dicha investigación.

Firma del paciente

Firma del Odontólogo


Anexo 3. Ficha de recolección de datos.
NOMBRE DEL PACIENTE:..... N°
EDAD.....SEXO: F () M ()

		METODO CONVENCIONAL (MEDICION MANUAL) (mm)	METODO DIGITAL ESCANEEO EXTRAORAL (mm) INEOS X5 SIRONA	METODO DIGITAL ESCANEEO EXTRAORAL (mm) DENTAL SCANNER SMART	METODO DIGITAL ESCANEEO INTRAORAL (mm) OMNICAM 3D SIRONA
TAMAÑO DENTARIO	Pz 16				
	Pz 13				
	Pz 11				
	Pz 36				
	Pz 33				
	Pz 31				
DISTANCIA INTERCANINA	Pz 13-23				
	Pz 33-43				
DISTANCIA INTERMOLAR	Pz 16-26				
	Pz 36-46				

Anexo 4. Errores de medición entre métodos.

Error (mm) entre métodos de medición

	Pieza / Distancia	Media (Yeso)	Media (inEos)	Media (Dental Scanner)	Media Omnicam	Error (Yeso - inEos)	Error (Yeso - Dental Scanner)	Error (Yeso - Omnicam)
Tamaño de piezas dentarias	16	10,192	10,240	10,284	10,285	0,036	0,025	0,042
	13	8,137	8,190	8,240	8,110	0,016	0,028	0,052
	11	8,461	8,500	8,549	8,475	0,020	0,022	0,029
	36	11,561	11,640	11,709	11,645	0,031	0,035	0,042
	33	6,932	6,951	6,931	6,930	0,018	0,042	0,047
	31	5,254	5,280	5,343	5,295	0,023	0,027	0,025
Distancia intercanina	13-23	35,625	35,735	35,787	35,645	0,079	0,077	0,051
	33-43	26,249	26,290	26,372	26,300	0,048	0,027	0,049
Distancia intermolar	16-26	51,636	51,865	51,887	51,78	0,076	0,168	0,094
	36-46	44,228	44,245	44,268	44,31	0,057	0,043	0,046

Anexo 5. Normalidad de los datos.

En todos los registros de cada método del investigador uno y el investigador dos, se encontró que el comportamiento de los datos es normal. $p > 0,05$

Normalidad Investigador 1

Pieza / Distancia		Métodos							
		Modelos de Yeso		Extraoral (inEos X5)		Extraoral (Dental Scanner Smart)		Intraoral (Cerec Omnicam)	
		Shapiro-Wilk	p	Shapiro-Wilk	p	Shapiro-Wilk	p	Shapiro-Wilk	p
Tamaño de piezas dentarias	16	0,97	0,78	0,97	0,76	0,98	0,89	0,99	1,00
	13	0,95	0,31	0,96	0,46	0,97	0,85	0,99	0,99
	11	0,96	0,56	0,95	0,45	0,95	0,44	0,95	0,44
	36	0,94	0,24	0,95	0,37	0,96	0,51	0,94	0,22
	33	0,97	0,74	0,96	0,48	0,97	0,82	0,98	0,88
	31	0,96	0,64	0,96	0,52	0,97	0,75	0,94	0,24
Distancia intercanina	13 - 23	0,98	0,89	0,96	0,53	0,96	0,55	0,97	0,70
	33-43	0,97	0,68	0,96	0,47	0,96	0,58	0,96	0,60
Distancia intermolar	16-26	0,98	0,87	0,97	0,79	0,98	0,89	0,98	0,89
	36-46	0,95	0,33	0,94	0,24	0,94	0,24	0,94	0,29

Normalidad Investigador 2

Pieza / Distancia		Métodos							
		Manual (Yeso)		Extraoral (inEos X5)		Extraoral (Dental Scanner Smart)		Intraoral (Cerec Omnicam)	
		Shapiro-Wilk	p	Shapiro-Wilk	p	Shapiro-Wilk	p	Shapiro-Wilk	p
Tamaño de piezas dentarias	16	0,940	0,240	0,962	0,580	0,973	0,812	0,986	0,986
	13	0,934	0,182	0,953	0,411	0,932	0,172	0,981	0,942
	11	0,978	0,909	0,958	0,513	0,941	0,246	0,945	0,303
	36	0,941	0,247	0,976	0,878	0,942	0,260	0,882	0,019
	33	0,976	0,879	0,975	0,854	0,974	0,831	0,956	0,474
	31	0,975	0,851	0,967	0,691	0,952	0,405	0,957	0,484
Distancia intercanina	13-23	0,964	0,633	0,963	0,602	0,969	0,741	0,953	0,423
	33-43	0,963	0,607	0,950	0,361	0,941	0,248	0,939	0,231
Anchura intermolar	16-26	0,980	0,940	0,976	0,879	0,965	0,652	0,972	0,789
	36-46	0,952	0,397	0,923	0,113	0,954	0,439	0,916	0,082

Normalidad-Repetición Investigador 1

Pieza / Distancia		Métodos							
		Manual (Yeso)		Extraoral (inEos X5)		Extraoral (Dental Scanner Smart)		Intraoral (Cerec Omnicam)	
		Shapiro-Wilk	p	Shapiro-Wilk	p	Shapiro-Wilk	p	Shapiro-Wilk	p
Tamaño dentario	11	0,978	0,909	0,958	0,513	0,941	0,246	0,945	0,303
	31	0,971	0,777	0,956	0,474	0,985	0,984	0,945	0,300
Distancia intercanina e intermolar	13-23	0,963	0,596	0,955	0,456	0,965	0,640	0,962	0,589
	36-46	0,952	0,397	0,923	0,113	0,954	0,439	0,916	0,082

Anexo 6. Coeficiente de correlación intraclase intra-examinador (Por pieza dentaria).

Reproducibilidad Intra examinador							
		Modelos de yeso			inEos X5		
	Pieza / Distancia	(r)CCI	95% intervalo de confianza		(r)CCI	95% intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior		Límite inferior	Límite superior
Tamaño dentario	11	0,960	0,901	0,984	0,909	0,784	0,963
	31	0,819	0,598	0,924	0,876	0,714	0,949
Anchura intercanina-intermolar	13 - 23	0,985	0,963	0,994	0,981	0,952	0,992
	36-46	0,988	0,969	0,995	0,986	0,965	0,994

Reproducibilidad Intra examinador							
		Dental Scanner SMART			CEREC Omnicam		
	Pieza / Distancia	(r)CCI	95% intervalo de confianza		(r)CCI	95% intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior		Límite inferior	Límite superior
Tamaño dentario	11	0,921	0,811	0,968	0,938	0,850	0,975
	31	0,946	0,868	0,978	0,873	0,708	0,948
Distancia intercanina e intermolar	13 - 23	0,970	0,926	0,988	0,997	0,994	0,999
	36-46	0,992	0,989	0,997	0,987	0,967	0,995

Anexo 7. Coeficiente de correlación intraclase inter- examinador (Por pieza dentaria).

Reproducibilidad Inter examinadores

		Modelos de yeso			inEos X5		
Pieza / Distancia		(r)CCI	95% intervalo de confianza		(r)CCI	95% intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior		Límite inferior	Límite superior
Tamaño de piezas dentarias	16	0,846	0,653	0,936	0,870	0,700	0,946
	13	0,982	0,955	0,993	0,919	0,808	0,967
	11	0,960	0,901	0,984	0,921	0,811	0,968
	36	0,935	0,843	0,974	0,904	0,774	0,961
	33	0,818	0,595	0,924	0,826	0,612	0,927
	31	0,894	0,752	0,957	0,876	0,714	0,949
Distancia intercanina	13-23	0,988	0,970	0,995	0,981	0,952	0,992
	16-26	0,992	0,980	0,997	0,993	0,983	0,997
Distancia intermolar	33-43	0,984	0,960	0,994	0,992	0,979	0,997
	36-46	0,988	0,969	0,995	0,992	0,979	0,997

Reproducibilidad Inter examinadores

		Dental Scanner Smart			Cerec Omnicam		
Pieza / Distancia		(r)CCI	95% intervalo de confianza		(r)CCI	95% intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior		Límite inferior	Límite superior
Tamaño de piezas dentarias	16	0,958	0,897	0,983	0,946	0,869	0,900
	13	0,957	0,894	0,983	0,970	0,926	0,988
	11	0,909	0,784	0,963	0,938	0,850	0,975
	36	0,968	0,921	0,987	0,928	0,827	0,971
	33	0,935	0,844	0,974	0,790	0,543	0,911
	31	0,946	0,868	0,978	0,928	0,828	0,971
Distancia intercanina	13-23	0,97	0,926	0,988	0,975	0,937	0,99
	16-26	0,985	0,964	0,994	0,993	0,981	0,997
Distancia intermolar	33-43	0,983	0,959	0,993	0,991	0,977	0,996
	36-46	0,973	0,932	0,989	0,987	0,967	0,995